

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

Институт наук о Земле

Кафедра геологии месторождений полезных ископаемых

**Белякова Анастасия Алексеевна**

**Благороднометалльная минерализация в кайнозойских вулканогенно-осадочных  
образованиях юга острова Сахалин**

Магистерская диссертация

По направлению «Геология»

К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:

к.г.-м.н., доц. С.В. Петров

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Заведующий кафедрой:

к.г.-м.н., И.А. Алексеев

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Физико-географическое положение .....	5
2. Геологический очерк.....	6
2.1. Геолого-тектоническое положение региона .....	6
2.2. Стратиграфия .....	9
2.3. Интрузивные и метаморфические образования.....	16
2.5. Полезные ископаемые .....	19
3.Методика исследований.....	31
4. Структурно-вещественное районирование о. Сахалин .....	35
5. Минералого-петрографические особенности вулканогенно-осадочных образований ....	42
6. Геохимическая характеристика вулканогенно-осадочных образований.....	61
7. Поисковые критерии благороднометалльной минерализации юга о. Сахалин .....	84
8. Районирование территории юга о. Сахалин на благороднометалльную минерализацию .....	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
ЛИТЕРАТУРА .....	93

## ВВЕДЕНИЕ

**Аннотация.** В работе приведены результаты исследований вулканогенно-осадочных образований юга острова Сахалин. Дана петрографическая, минераграфическая и геохимическая характеристика данных образований. Проведено районирование юга о. Сахалин на структурно-вещественные комплексы. Установлены прогнозно-поисковые критерии перспектив территории на выявление благороднометалльной минерализации. Даны рекомендации для постановки геологических работ.

**Актуальность работы:** В настоящее время Сахалин известен как минерально-сырьевая база горючих полезных ископаемых, однако о золотоносности территории известно с давних времен. Еще в 1868 г. Лопатин И.А., проводя изучение Восточно-Сахалинских гор, был первым, кто высказался о перспективности территории в отношении ее золотоносности. Позднее Евсеев В.Ф. (1966г, 1969г, 2000г), Ротман В.К. (1984г, 2001г), Данченко В. Я. (1997г), Роготнев В.Н., Буряк В.А (2002г) и другие в своих работах отмечали перспективы острова Сахалин на выявление благороднометалльных объектов. Тем не менее, общая опоскованность территории на рудное золото остается довольно низкой. На Сахалине сейчас установлены: Северный золото-россыпной район, Восточно-Сахалинская металлогеническая зона, Рукутамо-Армуданская металлогеническая зона, Западно-Сахалинская и Монеронская металлогенические зоны, расположенные преимущественно в северной и центральной частях острова. На юге Сахалина, в настоящее время, выявлено 2 проявления, 10 пунктов минерализации золота, 2 пункта минерализации серебра и многочисленные шлиховые и литохимические аномалии и ореолы рассеяния золота. Поэтому вопрос о перспективах юга острова Сахалин в отношении благородных металлов не имеет окончательного решения.

Исследования проводились в рамках работ ФГБУ «ВСЕГЕИ» по объектам «Создание и подготовка к изданию комплектов государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000; создание комплектов геохимических основ Госгеолкарты-1000/3 по группе листов территории Российской Федерации» (листы L-53-(акватория), L-54-Южно-Сахалинск). Автор работы принимал непосредственное участие в процессе работы по данному объекту.

**Целевым назначением** работы является выявление закономерностей размещения благороднометалльной минерализации в вулканогенно-осадочных образованиях кайнозоя юга Сахалина.

**Задачи:**

- 1) Геохимическая характеристика вулканогенных пород и исследование связи состава пород с благороднометалльной минерализацией;
- 2) Типизация объектов благороднометалльной минерализации юга Сахалина;
- 3) Выделение прогнозных и поисковых критериев благороднометалльной минерализации;
- 4) Районирование территории южного Сахалина на благородные металлы.

**Защищаемые положения:**

1) Вулканогенно-осадочные образования юга острова Сахалин являются специализированными на благородные металлы, они ассоциируют с гидротермально-метасоматическими породами низкотемпературного ряда и вмещают благороднометалльные объекты ранга рудопроявление;

2) Совокупность геологических прогнозных и поисковых критериев (литолого-фациальных, формационных, минералогических, геохимических) позволили выделить на территории юга острова Сахалин 7 перспективных районов на выявление благороднометалльной минерализации золото-серебро-(кварц)-сульфидной, золоторудной-кварцевой и полиметаллической серебросодержащей (полиметаллическая-колчеданная) рудных формаций.

**Фактический материал:** образцы горных пород, по которым изготовлены прозрачно-полированные шлифы (24 шт.), использованные при петрографических и минераграфических исследованиях, и пробы (94шт), использованные при геохимических исследованиях пород.

Автор выражает благодарность научному руководителю С.В. Петрову (СПбГУ) за ценные советы и поддержку, а также ведущему научному сотруднику, к.г.-м.н. Ю.Ю. Юрченко (ФГБУ «ВСЕГЕИ») за предоставленный материал и возможность работать с таким интересным геологическим объектом, а также за активное участие в работе, ценные советы и замечания. Автор благодарит старшего научного сотрудника А.А. Аленичеву и старшего научного сотрудника, к.г.-м.н. Г.Ю. Проскурина (ФГБУ «ВСЕГЕИ»); геолога 2 категории Е. В. Шупилко и старшего научного сотрудника В.Д. Ляхницкую (ФГБУ «ВСЕГЕИ»), за помощь в составлении петрографической и минераграфической характеристики изучаемых пород.

## 1. Физико-географическое положение

Территория исследования расположена на юге о. Сахалин, входящего в состав Сахалинской области Дальневосточного федерального округа. Административным центром является г. Южно-Сахалинск. На острове расположено множество населенных пунктов - от поселений до городов, каковыми являются города Холмск, Невельск, Чехов и Корсаков.

Остров Сахалин - преимущественно горная страна. Большая его часть (около 70 %) занята меридионально вытянутыми средне- и низкогорными сооружениями, межгорными впадинами, с холмистым или равнинным рельефом. К наиболее крупным элементам относятся Южно-Камышовый и Сусунайский хребты и расположенная между ними Сусунайская низменность.

Основными водными артериями являются реки Лютога, Сусуя, Бол.Такой, Найба и др. Максимальные водосборные бассейны и максимальную протяженность имеют реки бассейнов Охотского моря и зал. Анива.

Климат района морской, муссонный, но относительно суровый, несмотря на удаленность от северных широт. Среднегодовая температура не превышает +3,9 °С. На климат отдельных частей территории оказывают влияние рельеф островной суши и прилегающие моря. Среднегодовое количество осадков – 800 в год. В сентябре и октябре нередко бывают тайфуны. (Атлас Сахалинской области..., 1967)



Рис.1. Физическая карта Российской федерации [Электронный ресурс. Режим доступа – <http://rfmaps.ru/images/fizicheskaja-karta-rossii.jpg>. Дата обращения 18.03.2017]. Красным обозначен контур изучаемой территории

## 2. Геологический очерк

### 2.1. Геолого-тектоническое положение региона

Согласно современным представлениям (Геология и полезные ископаемые России..., 2005) остров Сахалин является частью крупной пограничной структуры, расположенной между Азией и Тихим океаном и приурочен к Хоккайдо-Сахалинской тектонической системе, протягивающейся от о. Хоккайдо в Японии до п-ва Шмидта на севере о. Сахалин. В структурном плане системы выделяют Татарско-Сахалинскую пограничную систему, Восточно-Сахалинскую и Шмидтовскую складчато-надвиговые системы, Северо-Сахалинский рифтогенный прогиб и три трансформные структуры – Пильтунский шов на севере, Невский шов в центре и Синегорскую трансформную геосутуру.

На юг Сахалина прослеживаются только Татарско-Сахалинская пограничная система, Восточно-Сахалинская складчато-надвиговая система и Синегорская трансформная геосутура, которые и определили основные особенности геологического строения, магматизма и распределения полезных ископаемых территории.

В целом, специфика изучаемого региона определяется его положением на стыке кайнозойских геотектонических структур, входящих в северо-западный сектор Тихоокеанской зоны перехода от континента к океану, современными тектоническими и вулканическими процессами и высокой сейсмичностью. (Государственная геологическая карта..., 2001 г.)

Ниже приводятся в обобщенном виде сведения по стратиграфии, магматизму и полезным ископаемым юга о. Сахалин (по материалам Государственной геологической карты..., 2001г).



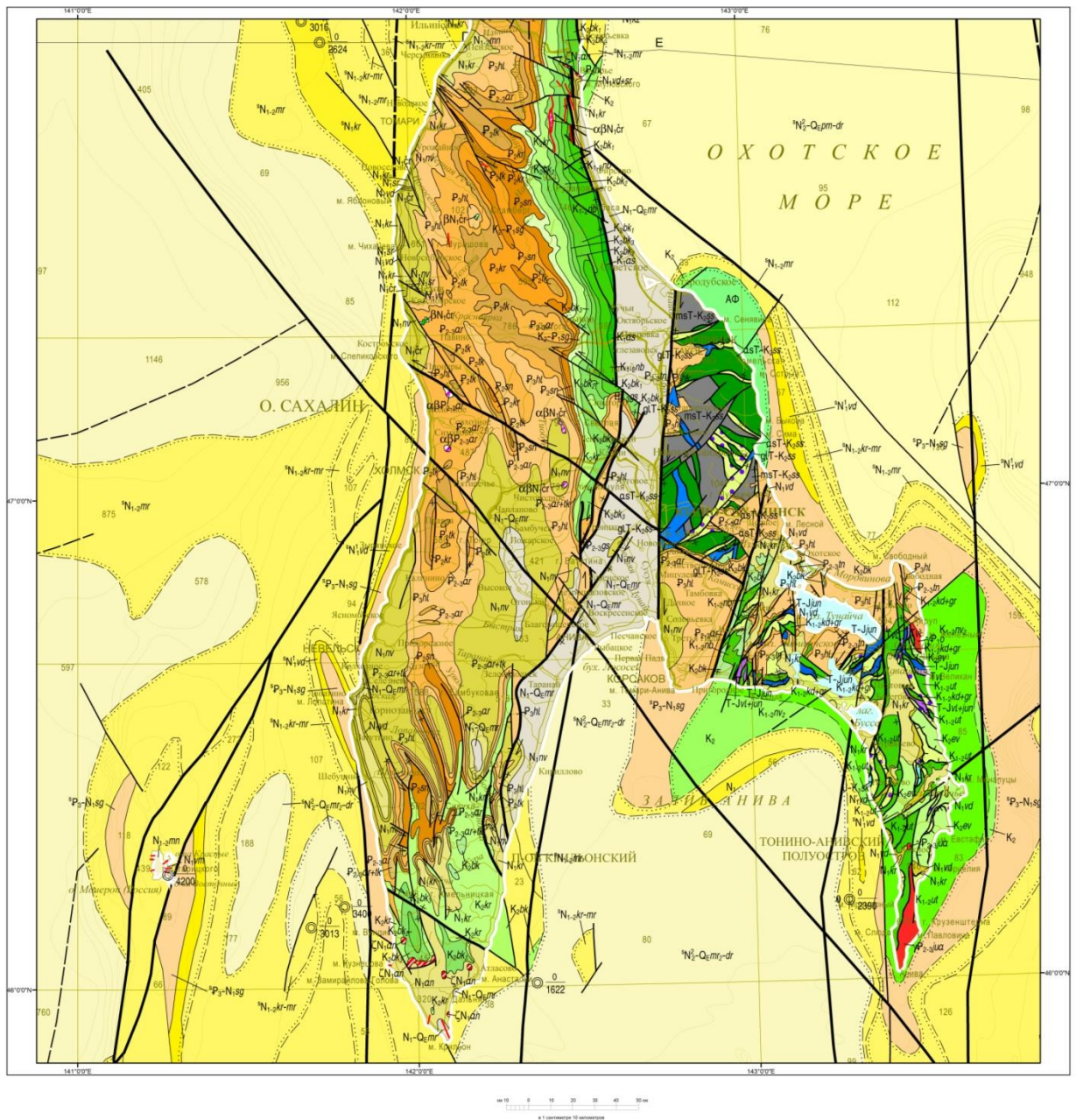


Рис. 2. Геологическая карта юга о. Сахалин (фрагмент Государственной геологической карты листа L-54) (И.В. Вербицкий и др., 2016г.)





## 2.2. Стратиграфия

В геологическом строении южной части Сахалина участвуют породы широкого возрастного диапазона – от верхов перми до голоцена.

### Пермско-Триасовая система

Отложения системы представлены великанской толщей (P<sub>2</sub>-J<sub>2</sub>v1), распространенной в северо-восточной части Тонино-Анивского полуострова, и сложена лавами metabазальтов и гиалокластитами с резко подчиненными прослоями слоистых сургучно-красных яшм в верхней части разреза. Нижняя стратиграфическая граница не установлена. Мощность образований до 300 м. Нередко в качестве вторичных минералов в metabазальтах толщи присутствует кальцит, хлорит, пренит и гематит; гиалокластиты замещены хлорит-карбонатным минеральным парагенезисом. Характерны повышенные содержания когерентных элементов (Cr, Ni, Co) и обеднение литофилами с высокозарядными ионами (Nb, Zr, Y, Ti). (Государственная геологическая карта..., 2001 г.)

### Триас-Юрская системы

Отложения системы представлены юонской и анненской толщами.

Юонская толща (T<sub>2</sub>-J<sub>1</sub>un). Контакты с великанской толщей стратиграфические согласные. Толща сложена яшмами и радиоляритами с подчиненными прослоями, кремнистых аргиллитов, редкими линзами эффузивов и известняков в нижней части. Составная мощность разреза толщи достигает 300 м. В образованиях толщи по единичным шлиховым пробам установлены повышенные содержания Au, Hg.

Анненская толща (T-Jan). Распространена в восточной и южной части Сусунайского района. Состав толщи однообразный, представлен различными типами metabазальтов, ортосланцев и метадолеритов, с включениями пачек рассланцованных гиалокластитов, зеленых парасланцев, микрокварцитов. Мощность толщи до 600 м. С metabазальтами, преимущественно субщелочного состава, связаны многочисленные признаки медноколчеданной минерализации.

### Пермско-Юрская система

Система представлена великанской и юонской толщей нерасчлененными (P<sub>2</sub>-J<sub>1</sub>v1-jun), распространенные в поле развития региональных зон полимиктового меланжа и слагают линейные тектонические блоки вулканогенно-кремнистого состава. Образования представлены известково-яшмовым флишем, чередованием туфо-кремнистых пород, гиалополитовых metabазальтов. Максимальная мощность до 300 м.

## Юрская-Меловая система

Образования данной системы представлены скальной и онежской толщами, преимущественно кремнистого состава.

Скальная толща. Выделена только в центральной части Тонино-Анивского района и слагает крупные бескорневые блоки и тектонические пластины. Толща имеет вулканогенно-кремнисто-известково-терригенный состав. Характерно чередование толеитовых и субщелочных лейкократовых базальтов, яшм, яшмово-известкового флиша, туффиты, туфопесчанники. Общая мощность толщи не более 950 м. Среди вулканитов преобладают щелочные и субщелочные разновидности. С вулканогенными и железисто-кремнистыми образованиями толщи ассоциируют медноколчеданные руды и редкоземельная Nb-Zr минерализация. Установлено Au по единичной шлиховой пробе.

Онежская толща. Представлена ассоциацией кремнистых и кремнисто-глинистых метаморфизованных пород, зелеными и черными парасланцами с редкими линзами кварцитов. Мощность кварцевой части до 250 м. С кварцитами ассоциируют линзы хлорит-эпидотовых ортосланцев. Выше кварцевая часть сменяется филлитовидными сланцами с прослоями зеленых парасланцев. Общая мощность толщи до 600 м.

## Меловая система

Отложения меловой системы представлены кедровской, жуковской толщами, айской свитой, угесненской и горбушинской толщами, новиковской и найбинской свитами, шуйской толщей, быковской, красноярковской и евстафьевской свитами.

Кедровская толща (K<sub>1-2</sub>kd). Представлена сменой зеленых и сургучных яшм пачкой серых фтанитов, переслаивающихся с туфо-кремнистыми породами. Общая мощность до 385 м. В metabазальтах вкрапленники минералов замещены гематит-хлорит-кальциевым агрегатом. Базальты характеризуются повышенными содержаниями элементов группы железа и литофилов с высозарядными ионами (Zr, Nb, Y).

Жуковская толща. Толща представлена грубым чередованием линзовидных пачек зеленоватых кремнисто-глинистых сланцев и туфосилицитов, гематитовых и хлоритовых метагиалокластитов и кремнисто-карбонатных пород, хлоритовых и серицитовых филлитов и слабометаморфизованных трахибазальтов. Общая мощность до 900 м. В metabазальтах основная масса замещена сосюрит-хлорит-пумпеллиитовым агрегатом. По сланцеватости развиты сегрегации стильпномелан-актинолитового состава. Для большинства пород характерна повышенная титанистость, щелочность, известковистость, недосыщенность кремнеземом и высокие содержания высозарядных литофилов (Zr, Nb, Y). Вторичные изменения соответствуют пренит-пумпеллиитовой фации метаморфизма.

Фиксируются признаки высокобарических минеральных парагенезисов. С породами толщи связаны признаки медноколчеданной минерализации.

Айская свита (K<sub>1as</sub>) залегают в основании мелового разреза о-ва Сахалин. Разрез мощностью 580 м представлен алевролитами, аргиллитами, чередующимися пачками разнозернистых песчаников и флишеподобного переслаивания маломощных прослоев песчаников и алевролитов.

Утесненская толща (K<sub>1-2ut</sub>). Ранее эти образования включались в новиковскую свиту. Имеет фациально неоднородный туфо-терригенный состав и вмещает крупнообъемные тела олистостром и тектоно-гравитационных микститов. Породы осложнены зонами субпродольных чешуйчато-надвиговых дислокаций до образования меланжированных полигенных микститов. В южной части на контакте с интрузией гранитов ороговикованны. Максимальная мощность до 1000м. В образованиях толщи установлены точечные литохимические аномалии в коренных породах As, Cu, Ag, Sn, Zn.

Горбушинская толща (K<sub>1-2gr</sub>). Раньше эти образования рассматривались в качестве подсвиты новиковской свиты. Отложения толщи представлены песчаниками, алевролитами и пачками их флишеподобного переслаивания и слагают узкие протяженные тектонические пластины. Мощность пачек около 300м. Общей особенностью толщи является высоко-кварцево-щелочно-полевошпатовый состав песчаников. Для верхних частей разреза типичен фельзит-яшмовый и андезибазальтовый состав обломков. Максимальная мощность толщи– 1025м.

Новиковская свита (K<sub>1-2nv</sub>). Вулканогенно-осадочные и осадочные породы новиковской свиты слагают южную часть Тонино-Анивского полуострова на юге Сахалина. Свита представлена серыми, бурыми и темно-зелеными алевролитами, содержащими пачки слоистых кремнисто-глинистых пород и яшм, бурых известняков и афировых базальтов. Среди базальтов выделяются толеитовые, щелочные и переходные разновидности. Мощность нижней подсвиты до 300 м, верхней подсвиты – 350 м. Нерасчлененные образования свиты представлены лавами и брекчиями базальтов, и алевролитами.

Найбинская свита. Свита согласно с постепенным переходом залегает на айской. Отложения представлены песчаниками, алевролитами, глинами, и гравелитами. В основании наблюдается слой туфопесчаников с шаровой отдельностью мощностью 9,5м. Общая мощность свиты 1100-1200 м. По единичной шлиховой пробе зафиксированы повышенные содержания Au.

Шуйская толща (K<sub>1-2šs</sub>). Толща сложена ритмичным чередованием филлитовидных сланцев, филлитов, филлито-песчаников с линзами и будинированными

прослоями кварцитовидных сланцев, зеленых парасланцев, кварцитов. Образования толщи включены в виде крупных пластин в симинский тектоногенный комплекс либо тектонически перекрыты породами онежской и анненской толщ. Мощность толщи около 800 м.

Быковская свита (K<sub>1-2</sub>bk) сложена массивными и неяснослоистыми алевролитами и аргиллитами, среди которых присутствуют тонкие прослои песчаников и туфов, а также разнообразные по форме и размеру известково-глинистые конкреции. По литологическим признакам расчленяется на три подсвиты. Литолого-петрографические особенности пород подсвит близки и по вещественному составу псаммитовых пород выделяются олигомиктовые и вулканомиктовые разности. Мощность нижней подсвиты достигает 1000 м, средняя подсвита – 880 м., верхняя подсвиты – до 1100м.

Красноярковская свита (K<sub>2</sub>kr) сложена песчаниками, туфопесчаниками, туффитами, туфоалевролитами, алевролитами и прослоями гравелитов, конгломератов, туфов дациандезитов. Максимальная мощность свиты до 900м. В цементе пород присутствует глауконит, а вулканическое стекло туффитов хлоритизированно. В образованиях свиты установлены единичные точечные литохимические аномалии в рыхлых отложениях Ag.

Евстафьевская свита (K<sub>2</sub>ev) представлена алевролитами, песчанистыми алевролитами с мергелистыми конкрециями, кремнистыми алевролитами, песчаниками, туфопесчаниками, флишоидным переслаиванием песчаников и алевролитов. Суммарная мощность свиты 2600 м. В свите по единичным шлиховым пробам установлены повышенные содержания золота, и литохимический ореол рассеяния Au.

### **Мел-палеогеновая система**

Мел-палеогеновая система представлена двумя геологическими образованиями: чайкинской толщей и синегорской свитой.

Чайкинская толща (K<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>чк). Толща слагает бескорневые тектонические пластины и сложена двумя типами разрезов: паравулканогенным туфогенно-терригенным, представленный кремнистыми песчаниками и алевролитами, туфоалевролитами, туфопесчаниками и туффитами, и вулканомиктовым терригенным с алевролитами, песчаниками и их флишоидным переслаиванием. На западе Тонино-Аивского полуострова обнажается пластина толеитовых базальтов. Мощность толщи достигает 1000м. Образования толщи характеризуются низкими содержаниями элементов группы железа (Cr, Ni, Co) и высокозарядных литофилов (Zr, Nb, Y). С выходами толщи пространственно совпадают признаки золото-серебряной минерализации.

Синегорская свита ( $K_2-P_{1sg}$ ). Свита сложена глинистыми песчаниками, песчаниками, туфопесчаниками, туфоалевролитами, туффитами, прослоями туфов. Максимальная мощность свиты достигает 900 м.

### **Палеогеновая система**

Образования палеогеновой системы представлены снежинкинской, тунайчинской, краснопольской, такарадайской, аракайской, гастеловской, холмской свитами и татарской толщей.

Снежинкинская свита ( $P_{1-2sn}$ ) и Краснопольская свита ( $P_{2kr}$ ). Для свит характерно переслаивание алевролитов, аргиллитов и песчаников с пластами конгломератов и углей. Максимальная мощность отложений снежинкинской свиты 1000 м и 600 м в краснопольской.

Тунайчинская свита ( $P_{2tn}$ ) представлена алевролитами, песчаниками, гравелитами и их переслаиванием. Гравелиты преимущественно глауконитовые, в алевролитах встречаются мергелистые конкреции. Максимальная мощность свиты до 240 м.

Такарадайская свита ( $P_{2tk}$ ). Распространена вдоль Западно-Сахалинских гор, почти непрерывной полосой от северной части листа до п-ва Крильонский на юге. Представлена в основном довольно однородной толщей морских песчано-алевритовых и глинистых пород с карбонатными, мергелистыми, реже пиритовыми конкрециями и шаровидными стяжениями марказита. Встречаются линзы псефитовых туффитов и тонкие прослои туфов и туффитов. На участках максимального развития песчаных пород встречаются линзы сажистого угля (до 1м). Мощность свиты до 1050 м.

Аракайская свита ( $P_{2tk}$ ). Свита делится на три подсвиты. Нижняя сложена чередующимися окремненными туфогенными аргиллитами, алевролитами, туфами и туффитами. В основании залегают глауконитовые песчаники с линзами туфогенного и углистого материала. Среднюю подсвиту слагают алевролиты, псефитовые и псаммитовые туфы, туффиты, туфогенные песчаники. Верхняя подсвита представлена в основном грубообломочными туфогенными породами, среди которых преобладают псефитовые туфы, туфогравелиты, и пуддинговые песчаники. Максимальная мощность свиты в бас. Р. Черная речка-1200 м. В нерасчлненных образованиях свиты встречаются туффиты и туфы андезитов и андезибазальтов, гиалокластиты, андезибазальты. Установлены повышенные содержания Ag по точечным литохимическим пробам в рыхлых отложениях и Au по единичным шлиховым пробам.

Татарская толща ( $P_{2-tt}$ ) слагает цоколь современной постройки о. Монерон. Локальные выходы прослеживаются на восточном, южном побережьях и представлены



ассоциацией эффузивных и вулканогенно-осадочных пород: базальты с подушечной отдельностью, туффиты, туфопесчаники, алевролиты. Мощность свиты более 200 м.

Гастеловская свита (P<sub>2-3gs</sub>) представлена алевролитами, песчаниками, туфопесчаниками, гравелитами, конгломератами, туффитами, туфами и бурыми углями.

Холмская свита (P<sub>3hl</sub>). Пространственно тяготеет к районам распространения аракайской свиты, на которых залегают согласно. Представлена переслаиванием кремнистых аргиллитов, алевролитов, иногда глинистых, и песчаников с прослоями туфов, туффитов и мергелистых конкреций. Максимальная мощность до 1200 м. В образованиях холмской свиты отмечены точечные литохимические аномалии Ag в рыхлых отложениях, шлиховые пробы с повышенным содержанием Au.

### **Неогеновая система**

Неогеновая система представлена невельской, чеховской, верхедуйской, анивской, курабийской свитами и монеронской и восточномонеронской толщами.

Невельская свита (N<sub>1nv</sub>). Ее слагают морские нормально- и вулканогенно-осадочные флишоидные образования. Ритмично чередующиеся туфогенные алевролиты, туфы, туффиты кислого состава, туфы дациандезитов, аргиллиты. Отмечается три маркирующих горизонта цеолитизированных туфов риодацитов. Реже встречаются андезибазальты. Мощность свиты от 450 до 1890 м. В невельской свите отмечены единичные шлиховые пробы с повышенным содержанием Au и точечные литохимические аномалии Ag в рыхлых образованиях.

Чеховская свита (N<sub>1ch</sub>). Представлена неравномерно чередующимися туфами от псефитовых до агломератовых, линзовидными телами лав и лавокластитов базальтов и андезибазальтов, вулканическими брекчиями, туфоконгломератами, туффитами, туфогенными песчаниками, им подчинены туфогенные алевролиты и аргиллиты, пластовые тела андезибазальтов и базальтов. Цементирующая масса в туфах преимущественно карбонатно-хлоритовая. Мощность чеховской свиты до 1000 м.

Верхедуйская свита (N<sub>1vd</sub>) условно делится на два горизонта: нижний (угленосный) представлен аргиллитами и алевролитами, углистыми аргиллитами, угли. Верхний горизонт представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов с редкими прослоями туфов кислого состава. Мощность свиты достигает 450 м.

Восточномонеронская толща (N<sub>1mn</sub>) развита на восточном побережье о. Монерон и представлена алевролитами, диатомовыми алевролитами, туффитами, аргиллитами, диатомитами. Мощность толщи не превышает 150 м.

Анивская свита (N<sub>1an</sub>). Распространена на юге п-ва Крильонский. Выделяется нижний базальный горизонт, представленный вулканомиктовыми конгломератами, сменяющиеся кверху вулканомиктовыми песчаниками и песчанистыми алевролитами. Состав верхней части обусловлен близостью к палеовулканическим центрам – субвулканические штоки и некки с комагматичными образованиями, лавы тразиандезитов и пачки грубого чередования вулканомиктовых песчаников, псаммитовых туфов и гравелитов. Максимальная мощность до 1000 м. Установлены точечные литохимические аномалии Ag в коренных породах.

Курасийская свита (N<sub>1kr</sub>). Свита представлена кремнистыми аргиллитами, опоковидными алевролитами, конгломератами, гравелитами, глауконитовыми песчаниками, а также туфоалевролитами, туфодиатомитами, диатомитами, туффитами, пепловыми туфами кислого состава. Мощность 170-1200 м. В отложениях свиты отмечены точечные литохимические аномалии Ag в рыхлых отложениях, точечные пробы с Au.

Монеронская толща (N<sub>1-2mn</sub>) слагает верхнюю часть современной постройки о. Монерон. Толща обнаруживает тесную генетическую связь с комплексом проникающих субвулканических даек, штоков и силлов долеритов и базальтов. Толща представлена чередованием лав, лавобрекчий, гиалокластитов, туфов базальтов и андезибазальтов с прослоями туфопесчаников и туфогравелитов [Ерохов В.Ф. и др., 1971]. Мощность толщи более 320 м. В единичной шлиховой пробе установлены повышенные содержания Au, Hg, а также два литохимических ореола рассеяния Au

### **Неогеновая – четвертичная системы**

Неоген-четвертичная системы представлены только Маруямской свитой (N<sub>2-Q<sub>emr2</sub></sub>), которая включает комплекс лагунных, озерно-аллювиальных, озерных и аллювиально-пролювиальных осадков и включает в себя диатомиты, алевролиты, аргиллиты, мелко галечные конгломераты, пески, лигниты. Мощность свиты до 1800 м. По единичным литохимическим пробам в свите установлены повышенные содержания Au

### **Четвертичная система**

Образования четвертичной системы включают в себя нерасчлененные андезиты, андезибазальты и базальты, слагающие четвертичные и современные вулканы.

Четвертичные образования пользуются почти повсеместным распространением на территории. Представлены разнообразными генетическими типами – элювиальными, делювиальными, коллювиальными, ледниковыми, морскими и эоловыми.

### 2.3. Интрузивные и метаморфические образования

Интрузивные образования занимают небольшую часть рассматриваемой территории [Геология СССР..., 1970]. Магматические образования представлены кайнозойскими вулканическими комплексами, мезозойскими и палеогеновыми плутоническими комплексами, и комплексами гипабиссальных малых интрузий.

Метаморфические образования обнажаются в пределах Сусунайского района и согласно возрасту слагающих их пород, отнесены в группу позднемезозойских нестратифицированных подразделений и рассмотрены совместно с одновозрастными магматическими комплексами.

Наиболее древние магматические комплексы распространены на Тонино-Анивском полуострове, приуроченные к полосе выходов регионального меланжа и представлены серпентинизированными перидотитами водопадненского и амфиболовыми габбро новиковского комплексов.

Водопадненский комплекс представлен серпентинизированными лерцолитами, гарцбургитами, пироксенитами. В комплекс объединены дайки и маломощные тела серпентинизированных перидотитов. Пироксениты состоят из вторичного агрегата гранат-диопсид-тремолитового состава, серпентиниты сложены антигоритом, нередко оталькованы. Гидротермальные изменения выражены в развитии жил пектолит-хлоритового и ксонотлитового состава. Нередко перидотиты серпентинизированы и рассланцованы и содержат тектонические включения яшм, базальтов, габброидов.

Новиковский комплекс включает в себя небольшие интрузии и дайки габбро, габбро-диоритов и габбро-долеритов. По составу они относятся к роговообманковым габбро и роговообманковым габбро-диоритам. На контакте с серпентинитами в них развивается оторочка метаморфогенно-гидротермальных кварц-пироксен-гранатовых родингитов и родингитизированных пород. Со стороны серпентинитов они сменяются полосчатыми пектолит-хлоритовыми с лейкоксеном метасоматитами. Для габброидов также характерна их листвинизация.

Позднемезозойские образования представлены раннемеловыми субвулканическими телами субщелочных габброидов и долеритов и меловыми высокобарическими метаморфическими образованиями Сусунайского хребта. Для первых установлена генетическая связь с образованиями кедровской толщи. Метаморфические образования находятся в аллохтонной позиции по отношению к слабометаморфизованным нерасчлененным отложениям позднего мела-палеоцена.

Кедровский комплекс даек эссекситов прорывает вулканогенно-кремнистые отложения кедровской толщи и сложены субщелочными долеритами и габбро-эссекситами.

Сокольская амфиболитовая метаформация представлена главным образом диафторированными амфиболитами и амфиболовыми сланцами. Центральные части тел сложены крупно-среднезернистыми амфиболитами, гранатовыми амфиболитами. В краевых частях блоков они преобразованы в амфиболовые и эпидот-амфиболовые сланцы. В гранатовых амфиболитах установлены кварц-гранат-пироксеновые метасоматиты.

Красносельская метаморфическая серия слагает основной объем метаморфических образований района. Для нее характерны реликтовые высокобарические минеральные парагенезисы – риббекит-глаукофан, лавсонит, арагонит, стильпномелан.

Серия разделена на три метаформации: черносланцевую, зеленосланцевую и голубосланцевую.

Черносланцевая метаформация представлена слюдисто-альбит-кварцевыми сланцами и слюдястыми бластотектонитами раннеметаморфических зон разломов, а также известково-кремнистыми сланцами, метабазальтами и метадолеритами. По шлиховым пробам установлены повышенные содержания и единичные литохимические потоки рассеяния Au.

Зеленосланцевая метаформация представлена ортосланцами с линзами хлорит-гематитовых сланцевых. Ортосланцы хлорит-актинолит-эпидотового состава с фрагментами эпидот-роговообманковых либо пироксен-эпидот-амфиболовых сегрегаций. Основную часть формируют сегрегации хлорит-пумпеллиит-цоизитового, пумпеллиит-актиноливого и серцит-хлорит-пидотового состава. Установлены точечные литохимические аномалии Ag в рыхлых образованиях, литохимические потоки рассеяния и повышенные содержания Au в шлиховых пробах.

Голубосланцевая метаформация представлена риббекит-кросситсодержащими сланцами, амфиболитами, амфиболовыми сланцами, метабазальтами с лавсонитом, мраморами. В единичной шлиховой пробе установлены повышенные содержания Au.

С породами красносельской метаморфической серии связаны многочисленные признаки металлических полезных ископаемых. В ортосланцах черносланцевой и зеленосланцевой формации локализованы тела серных и медных золото-серебросодержащих колчеданов. С кварцитами голубосланцевой формации связаны метаморфогенная марганцевая минерализация и проявления родонита. Породы серии благоприятны для локализации ртутной минерализации.

Раннепалеогеновые интрузивные образования представлены дайками удальского риолитового комплекса и породами охотского гранодиоритового комплекса. Порода завершают меловой-раннепалеогеновый тектоно-магматический цикл развития территории.

Удальский риолитовый комплекс гипабиссальных малых интрузий представлен разрозненными дайками риолитов мощностью до 15м. Приконтактовые изменения незначительны, выражены в окремнении и брекчировании боковых пород. В эндоконтакте встречаются ксенолиты вмещающих пород и вкрапленность сульфидов.

Охотский гранодиоритовый комплекс представлен одноименным массивом зонального строения от кварцевых диоритов до гранодиоритов и гранодиорит-порфиров и дайковой серией контрастного состава от микродиоритов и габбро-диоритов до риолитов и щелочных микрогранитов.

Гидротермальные изменения проявлены в локальном скарнировании пород чайкинской толщи, формировании кварц-турмалиновых гидротермалитов и очаговой биотитизации пород. Постмагматические изменения выражены эпидотизацией, хлоритизацией и сульфидизацией гранитоидов в зонах нарушений.

Позднепалеогеновые образования представлены субвулканическими образованиями татарского андезибазальтового комплекса. Субвулканические образования представлены штокообразными телами андезибазальтов, а также тектоническими блоками базальтов. Порода в массе хлоритизированны, альбитизированы, карбонатизированы, цеолитизированы.

Субвулканические образования аракайского андезибазальтового комплекса представлены штоками, лакколитами, экструзивными куполами андезибазальтов, дайками и силами андезибазальтов, базальтов. Вмещающие породы карбонатизированы, окремнены, в них развиваются гидрослюды, сульфиды, халцедон.

Анивский гранитовый комплекс слагает ядерную часть Южно-Анивского плутоно-купольного поднятия. Массив площадью 45 км<sup>2</sup> штокообразной формы. Вмещающие породы утесненской толщи и полимиктовых меланжей ороговикованы в виде линейного ореола шириной до 2км. Внутренняя структура характеризуется постепенной сменой более крупнозернистых гранитоидов в центральной части мелкокристаллическими гранит-порфирами периферических частей. Порода пропилитизированы и аргиллитизированы по зонам разломов. В экзоконтактах развит широкий спектр метасоматитов – от ореолов скарнированных пород до локальных проявлений березитов, пропилитов, зон прожилкового окварцевания и сульфидизации. С березитами связана редкоземельная минерализация, с пропилитами признаки золото-



сульфидно-вкрапленной и ртутной минерализации. В скарнированных породах размещены пункты олово-серебро-полиметаллической, оловянной и медно-цинковой минерализации.

Неогеновые магматические породы разделены на три вулканических комплекса: раннемиоценовый чеховский, средне-позднемиоценовый анивский и позднемиоцено-плиоценовый монеронский. Для чеховского и монеронского комплексов характерны повышенная основность пород, значительный объем эффузивно-пирокластических образований и приуроченность к субмеридиональным тектоно-магматическим структурам Камышовой и Татарской зон соответственно. Анивский комплекс отличается повышенной щелочностью, преобладанием субвулканических тел кисло-среднего состава [Государственная геологическая карта..., 1972].

Гидротермальные и метасоматические изменения в анивском комплексе представлены рассеянной вкрапленностью сульфидов, жильными колчеданными и кварц-карбонатными образованиями, сопровождающимися пунктами золото-серебряной минерализации.

С дайками монеронского комплекса связаны кварц-халцедоновые линзы и прожилковые зоны с сульфидной минерализацией.

## **2.5. Полезные ископаемые**

Изучаемый район расположен во внутренней зоне Тихоокеанского рудного пояса и принадлежит к Хоккайдо-Сахалинской минерагенической провинции. В пределах территории до недавнего времени (Геология и полезные ископаемые России..., 2005) выделяли две нефтегазоносные области, одну угленосную область и один редкометалльный район. Поэтому, минерагенический профиль района определяется сонахождением в нем перспективных нефтегазоносных, угленосных бассейнов и редкометалльных рудных районов, формирование которых происходило на кайнозойском этапе развития.

### **Горючие полезные ископаемые**

Рассматриваемая территория охватывает юго-западную часть Южно-Сахалинской и юго-восточную часть Западно-Сахалинской нефтегазоносных областей. Южно-Сахалинская область характеризуется разнообразием типов ловушек, включая поднадвиговые в зоне Центрально-Сахалинского разлома вдоль западной границы нефтегазоносной области. Основными перспективными образованиями рассматриваются нижнемаруямско-курассийские и гаселовские, где развиты пласты песчаников и алевролитов прибрежно-морского генезиса. В отложениях маруямской свиты открыты

небольшие месторождения газа в Анивском районе. В качестве нефтематеринских пород рассматриваются глины, аргиллиты, диатомиты и кремнистые аргиллиты холмской, курасийской и маруямской свит, а также глины верхнедуйской свиты (Геология и полезные ископаемые России..., 2005).

Ранее (Геология и полезные ископаемые России..., 2005) Западно-Сахалинскую нефтегазоносную область рассматривали как малоперспективную, однако в настоящее время (И.В. Вербицкий и др., 2016), подавляющее большинство проявлений нефти и нефтегаза распространены именно в западной части территории и приурочены к Южно-Камышовой транспрессионной структуре области.

Угленосность рассматриваемой территории связана с Южным угольным районом, в котором продуктивно угленосными являются палеогеновые нижнедуйская и снежинкинская свиты. Отложения как правило интенсивно дислоцированы складчатыми и разрывными нарушениями. По сложности геологического строения месторождения палеогенового возраста относятся ко второй и третьим группам. (Геология и полезные ископаемые России..., 2005). Бурые угли в основном приурочены к образованиям верхнедуйской свиты.

### **Металлические ископаемые**

На площади практический интерес представляют только руды редких металлов. Проявления и пункты минерализации черных и цветных металлов имеют незначительное распространение.

Проявления железа, незначительны, связаны с сидеритовыми и лимонитовыми рудами, и промышленного значения не имеют. Марганцевая минерализация представлена двумя проявлениями метаморфогенно-гидротермального типа и распространена в Сусунайском хребте.

Проявления и минерализация меди относятся к трем генетическим типам: медноколчеданному гидротермально-вулканогенному, медно-скарновому и медноколчеданному метаморфогенно-гидротермальному. Оруденение вулканогенно-гидротермальной минерализации относится к двум геолого-промышленным типам: цинково-медному золото-серебросодержащему и собственно меднорудному. Оруденение метаморфогенно-гидротермального типа развито в метаморфизованных и метаморфических породах Сусунайского района и концентрируются в прогнозируемом Симинском медноколчеданном рудном узле и включает в себя два типа: цинково-медный золото-серебросодержащий и меднорудный без сопутствующих компонентов. Медноколчеданное оруденение имеет перспективы как комплексный медно-цинковый золото-серебросодержащий тип оруденения.

Незначительная минерализация свинца связана с кварц-карбонатными метасоматитами в зонах брекчирования трахиандезитов анивского комплекса, а цинка с зонами скарнированных пород утесненской толщи в экзоконтакте Анивского гранитного массива.

Единичные пункты минерализации никеля на рассматриваемой территории связаны с серпентинитовыми меланжами Сусунайского и Тонино-Анивского районов.

Со скарнированными породами связаны пункты минерализации и потоки рассеяния молибдена.

Единичный пункт минерализации вольфрама приурочен к экзоконтакту Охотского массива. Шлиховые ореолы и потоки рассеяния приурочены к полю развития красносельской метаморфической серии и симинского тектоногенного комплекса.

Пункты минерализации олова приурочены к скарнированным породам утесненской толщи в экзоконтакте Анивского гранитного массива.

Рудопроявления ртути приурочены к зонам брекчирования, милонитизации и аргиллизации пород красносельской метаморфической серии и анненской толщи. Проявления локализуются в аргиллизированных эффузивах, листвинизированных базальтах.

### **Редкие, рассеянные и редкоземельные элементы**

Германиевое оруденение является профилирующим для исследуемой территории. Оруденение представлено уникальным Новиковским месторождением, многочисленными проявлениями и пунктами минерализации, сконцентрированными преимущественно в Тонино-Анивском рудном районе. Оруденение локализовано в углях, углесодержащих порода и седиментационных конгломератобрекчиях верхнедуйской свиты. Металлоносные угли и аргиллиты в повышенных количествах содержат вольфрам, молибден марганец, бор, стронций, цинк, медь, серебро. Реже оруденение локализуется в углях снежинкинской свиты.

Выделяется прогнозируемая Гремучая германиево-золото-серебряная рудная зона угленосной формации. Вмещающими породами являются угленосные моласса и зона меланжа кремнисто-глинисто-туффитовая. Содержания Ge до 380 г/т, Au до 0,4 г/т, серебра 8-30г/т.

Редкоземельная минерализация (ниобий, цирконий) сконцентрирована на Тонино-Анивском полуострове в яшмах и щелочных базальтах скальной и утесненской толщ и ассоциируют с вулканогенно-гидротермальным медноколчеданным оруденением прогнозируемого Островского рудного узла и генерирована в надынтрузивной зоне анивского гранитного массива.

## **Благородные металлы**

Так как целью данной работы является изучение благороднометалльной минерализации, то в главе более подробно охарактеризованы объекты благородных металлов и закономерности их размещения.

В пределах изучаемой территории в настоящее время (по В.А. Буряк и др., 2002) выделяются Монеронская металлогеническая зона и продолжающаяся с севера острова Западно-Сахалинская зона.

Западно-Сахалинская металлогеническая зона выделена по прямым признакам – шлиховые ореолы, потоки и пункты минерализации золота, пространственно приуроченные к цепочке малых плиоценовых и миоценовых интрузивных тел андезибазальтового ряда со щелочным натриевым уклоном. Золотоносность зоны изучена слабо и выделение объектов более высокого ранга довольно проблематично, но условно выделяют Крильонское рудное поле, для которого характерны базальт-риолитовый вулканизм, проявление золотоколчеданного оруденения, натриевый уклон щелочности рудогенерирующих субвулканических тел.

Монеронская металлогеническая зона выделена в юго-восточной части Татарского пролива и приурочена к Ребун-Монеронскому вулканическому поднятию [Металлогения СССР, 1984]. Практически вся она скрыта под водами Татарского пролива и на поверхность выходит незначительная ее часть – о.Монерон. Вероятно, эта зона является западной частью Западно-Сахалинской металлогенической зоны. Проявленное здесь оруденение (пункты минерализации) относится к золотоколчеданной формации и вероятнее всего связано с миоцен-плиоценовым андезибазальтовым вулканизмом (по В.А. Буряк и др., 2002).

В прибрежной акватории Татарского пролива известны также обширные шлиховые ореолы, вероятно являющиеся продуктом разрушения рудных тел крильонского рудного поля.

Минерализация золото-колчеданная, связана с миоцен-плиоценовым этапом тектоно-магматической активизации Присахалинской вулканической дуги, характеризующейся в основном базитовым профилем вулканизма. При этом для ранних этапов функционирования дуги (мел-эоцен) золоторудная минерализация не характерна. Предполагается (по В.А. Буряк и др., 2002), что рудораспределяющей структурой является глубинный разлом. Низкотемпературный халцедон-карбонатный, аргиллизитовый метасоматоз рудовмещающих зон разломов, обильная пиритизация указывают на эпитермальный тип оруденения.

В целом, признаки руд благородных металлов на площади незначительны и (по Государственной геологической карте..., 2001г), в настоящее время установлены 2 проявления и 8 пунктов минерализации золота, 2 серебра и один платины.



Таблица 1

## Золото

№ на карте	Ранг	Собственное название	Геологические подразделения	Формация/металлогеническая специализация	Вторичные минералы	Гидротермальные изменения	Содержания элемента
1	Р	Яблоновское	Чеховская свита (N <sub>1-2</sub> )	Золото-колчеданная	Пирит, арсенопирит, сфалерит	Гидротермальные изменения породы, сложенные карбонатами мощностью 5-15м. Массивные колчеданные руды в зальбандах жил мощностью 2-6см.	Cu-до 0,03%; Zn-до 0,1%; Pb-0,001-0,002%; As-до 0,003%; Ag-до 0,0004%
2	Р	Красноярское	Невельская свита (N <sub>1-2</sub> ). Вмещающие породы базальты и туфы	Золото-колчеданная	-	Колчеданное оруденение в базальтах и туфах; зоны дробления шириной до 3м. Протяженность рудоносной зоны 300м.	Cu-до 0,021%; Pb-0,003%; Ag-0,0001%
3	ПМ	мыс Сивучий	Монеронская толща (N <sub>1</sub> )	Золоторудная кварцевая	Кварц, халцедон, хлорит	Зона дробления с кварц-халцедоновыми и кварц-хлорит-карбонатными прожилками и жилами	Золото 0,08-1,3 г/т
4	ПМ	Замирайлова Голова	Анивская свита; Трахиандезиты анивского комплекса (N <sub>1-2</sub> )	Золоторудная-кварц-сульфидная	Рудные: пирит; сидерит, опал, халцедон, кварц	Жильно-прожилковые зоны кварц-карбонатных гидротермалитов с сульфидной минерализацией	Золото до 1 г/т Cu-0,001%; Pb-0,001%; Ag-0,0003%

Продолжение таблицы 1

5	ПМ	Устье р.Птичья	Дайки андезитов анивского вулканического комплекса (N <sub>1-2</sub> )	Золоторудная-кварц-сульфидная	Медистое золото, пирит	Кварц-карбонат-пиритовые гидротермалиты	–
6	ПМ	мыс Трудный	Утесненская толща (K <sub>1-2</sub> ). Вмещающие пород – пропилитизированные базальты	Золоторудная сульфидная	Сульфиды	Минерализованная зона дробления-окварцованные сульфидизированные базальты	Золото 0,3 г/т; меди-0,03%
7	ПМ	В верховьях р. Гремучая	Зона тектонического меланжа (P <sub>3</sub> )	Золоторудная кварцевая	-	Свалы вторичных кварцитов	Золото 0,4 г/т
8	ПМ	В верховьях руч. Открытый	Зона тектонического меланжа (P <sub>3</sub> )	Золоторудная кварцевая	-	Свалы вторичных кварцитов	Золото 0,1 г/т
9	ПМ	Мыс Безымянный	Вавайский тектоногенный комплекс. Вмещающие породы – свалы пиритизированных метасоматитов	Золоторудная-кварц-сульфидная	Пирит	Кварц-карбонат-слюдистые пиритизированные метасоматиты, контролируемые зоной разломов	Золото 0,6 г/т; мышьяк-0,1%

Продолжение таблицы 1

10	ПМ	1 км к югу от устья р.Безымянная	Восточный экзоконтакт Анивского гранитоидного массива в пределах островского тектоногенного комплекса	Золоторудная сульфидная	Пирит, арсенопирит	Проилитизированные пироксениты	Золото 0,1 г/т; мышьяк-1%; сурьма-0,018%; никель-0,4%
----	----	----------------------------------	---	-------------------------	--------------------	--------------------------------	---

### Серебро

№ на карте	Ранг	Название	Геологическое особенности	Формация/металлогеническая специализация	Метасоматиты	Содержание профильного элемента
11	ПМ	м. Кузнецова	Анивский трахиандезитовый комплекс	Золото-серебряная вулканогенная жильная	Кварц-сульфидные жилы	Серебро до 30 г/т; свинец-0,04%, висмут-0,004%
12	ПМ	Устье р. Водопадная	Зоны полимиктовый меланж	Золото-серебряная вулканогенная жильная	Милонитизированные и окварцованные актинолит-тремолитовые породы	Серебро 8-30 г/т; золото до 0,02 г/т

### Платина

№ на карте	Ранг	Название	Геологическое особенности	Формация/ металлогеническая специализация	Минералы	Метасоматиты	Содержание профильног о элемента
13	ПМ	Соколовский	Сименский тектонический комплекс. Вмещающие породы: амфиболиты с линзами серпентитов	Платино- палладиевая	-	Амфиболиты с линзами серпентитов	Платиноиды 0,01-0,025- 0,9 г/т

Принятые сокращения:

Р – рудопроявление

ПМ – пункт минерализации



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

Группа	Подгруппа	Месторождения	Месторождения	Месторождения	Рудорождения	Плутч
		крупные	средние	малые		минерализация
Металлические	Медь				● Cu, Zn, Ag	• Cu, Zn, Ag
	Золото				● Au	• Au
	Серебро					• Ag
	Платина					• Pt

Рис.4. Схема размещения благороднометалльных объектов юга Сахалина. Масштаб 1:500 000

Из неметаллических полезных ископаемых на территории имеют незначительное распространение оптический кальцит, асбест, тальк, графит, цеолиты, серпентиниты, янтарь, родонит, но находятся большие запасы всевозможных видов строительных материалов: мрамор, известняк, а также разнообразные магматические и метаморфические породы.

Большое значение для территории имеют месторождения подземных вод и лечебных грязей.

В целом, анализ особенностей геологического строения и минерации юга о. Сахалин, показывает, что для исследуемой территории характерно довольно сложное геологическое строение, обусловленное его положением между Азией и Тихим океаном и приуроченностью к Хоккайдо-Сахалинской тектонической системе.

На территории распространены породы широкого возрастного диапазона – от верхов перми до голоцена. Для пермско-юрского периода характерно развитие преимущественно кремнистых пород, metabазальтов, гиадокластитов. В юрско-меловое время шло формирование пород вулканогенно-кремнисто-терригенного состава. Увеличение роли терригенного материала характерно для мелового периода, в это время накапливались туфогенно-кремнистые породы, metabазальты и базальты. На палеогеновом этапе развития территории увеличилась роль туфогенного материала, формировались угли. Для неогенового периода характерно почти повсеместное распространение вулканогенно-осадочных образований. С четвертичного периода шло активное формирование аллювиальных, коллювиальных, лагунных и др. образований.

Магматические образования площади представлены кайнозойскими вулканическими комплексами, мезозойскими и палеогеновыми плутоническими комплексами и комплексами гипабиссальных малых интрузий.

Для стратифицированных и нестратифицированных образований характерна проявленность гидротермально-метасоматических процессов – интенсивная карбонатизация пород, их сульфидизация, жилы и прожилки кварц-карбонатные и кварц-халцедоновые, пропилитизация и жилы вторичных кварцитов.

Минерация района определяется сонахождением перспективных нефтегазоносных и угленосных бассейнов и редкометальных рудных районов, формирование которых происходило преимущественно на кайнозойском этапе развития.

В образованиях палеогена и неогена установлены точечные литохимические аномалии Ag в рыхлых образованиях и повышенные содержания Au в коренных породах по шлиховым пробам.

Благороднометалльная минерализация, преимущественно золото-колчеданная, связана с миоцен-плиоценовым этапом тектоно-магматической активизации, характеризующейся в основном вулканизмом основного состава.

### 3.Методика исследований

В рамках данной работы использован комплекс методов, нацеленных на изучение вещественного состава геологических образований и выявления потенциала территории на благороднометалльную минерализацию. Методика исследований включала в себя: полевые работы, лабораторно-аналитические и оптические исследования, математико-статистические и картографические методы.

#### **Полевые работы**

Полевые работы проходили на нескольких опорных участках и сопровождалась отбором образцов и штучных проб на лабораторно-аналитические, минераграфические и петрографические исследования.

#### **Лабораторно-аналитические исследования**

В настоящее время существует довольно большое количество современных и надежных методов анализа химического состава пород: приближенно-количественный спектральный, атомно-абсорбционный, рентгено-спектральный силикатный и микроэлементный анализы и др. В данной работе применены следующие виды анализов (по Методическим рекомендациям..., 2015г):

а) Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (XRF) является одним из доминирующих методов анализа горных пород, руд на основные породообразующие оксиды и микроэлементы. Данным методом анализа определены породообразующие элементы в оксидной форме:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  и содержания Ba и V.

б) Атомно-абсорбционный анализ. В основе метода лежит явление избирательного поглощения (абсорбции) электромагнитного излучения атомами отдельных элементов. Для диссоциации молекул пробы на свободные атомы используют пламенна (пламенная атомная абсорбция) и графитовые печи различной конструкции (атомная абсорбция с электротермической атомизацией). В геологии данный метод используется для определения как основных компонентов в породах, так и микропримесей, в том числе благородных металлов. В работе данным видом анализа определены Au, Ag, Pt.

в) Атомно-абсорбционный непламенный метод (метод «холодного пара») использовался в данной работе для определения Hg и основан на том, что пары ртути при комнатной температуре находятся в атомном состоянии.

г) Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Метод многоэлементного анализа, в котором для испарения, атомизации и ионизации пробы



используется индуктивно-связанная плазма, а для детектирования и измерения количества ионов пробы – метод масс-спектрометрии. Данный метод позволил определить большую часть элементов, в том числе элементы спутники благороднометалльной минерализации: Be, V, Cr, MnO, Rb, Sr, Zr, Nb, Mo, Ba, Th, U, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As, Sb, Bi, Sn.

Химический анализ всех проб проводился в Центральной лаборатории ФГБУ «ВСЕГЕИ» по сертифицированным и аккредитованным методам. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (XRF) проведен на приборе Classe Fluxer-Bis фирмы Claisse Fluxer. Анализ масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ICP-MS проводился на приборе ELAN-DRC-6100. Атомно-абсорбционный анализ проводился на приборах марки Perkin Elmer. Ртуть была определена методом «холодного пара» на автономном приборе «Юлия-5М».

### **Оптические исследования**

Оптические исследования включали в себя петрографические и минераграфические исследования прозрачно-полированных шлифов в количестве 24 шт.

– Петрографические исследования проводились на прозрачно-полированных шлифах с использованием микроскопа для работы в проходящем свете Leica DM EP в «ФГБУ ВСЕГЕИ». Фотографирование прозрачно-полированных шлифов производилось с помощью микроскопа Leica DM AM.

– Минералографические исследования проводились в «ФГБУ ВСЕГЕИ» на микроскопе Leica DM AM в отраженном свете. Фотографирование прозрачно-полированных шлифов производилось с помощью микроскопа Leica DM AM. Исследования проводились с помощью справочника определителя рудных минералов в отраженном свете.

При оптических исследованиях были использованы: Атлас текстур и структур вулканогенно-осадочных пород, 1981г.; Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете, 1988г.; Методическое руководство. Минераграфические исследования руд с применением микроскопов-спектрометров, 1993г.; Электронный петрографический справочник-определитель магматических, метаморфических и осадочных горных пород для оперативного использования при создании Госгеолкарт-1000/3 и 200/2, 2015г.

### **Математико-статистические методы**

В результате лабораторно-аналитических работ мы получили набор данных об элементном составе пород. Для обработки полученных результатов использованы программы Excel и Statistica, которые позволили посчитать следующие геохимические показатели: среднее значение, коэффициент вариации, коэффициенты корреляции, кларк концентрации, коэффициент сульфидности. Также проведены корреляционный и

факторный анализы и посчитаны стандартные геохимические показатели (среднее содержание, минимальное, максимальное, коэффициент корреляции).

Кларк концентрации ( $K_k$ ) (Требования к геохимической основе..., 2005) это отношение фактического содержания элементы в пробе к кларку аналогичного петрохимического типа пород:

$$K_k = i/K,$$

где  $K$  – кларк петрохимического типа пород. По  $K_k$  определяются геохимические ассоциации элементов, группы накопления  $K_k > 1,5$  и при  $K_k < 0,7$  группы дефицита элементов.

Коэффициент сульфидности ( $SS$ ) – коэффициент, представляющий собой сумму содержаний сульфидообразующих элементов Pb, Zn, Mo, Bi, Cu, As, Sb. По этому коэффициенту выделяются убогосульфидные (сульфидов менее 1%), малосульфидные (1-5%) и умеренносульфидные (более 15-20%) руды (С.В. Соколов, 1998).

Корреляционный анализ отражает степень связи между двумя переменными. Метод имеет широкое применение в различных геологических дисциплинах для оценки силы линейной связи между наблюдаемыми характеристиками. Коэффициент равный +1 отражает четкую положительную корреляцию, а его отрицательные значения показывают несовместимость элементов. В данной работе, коэффициент значимости был определен как 0,7. Соответственно, те элементы, для которых коэффициент корреляции будет больше этого значения, будут иметь тесную связь к образованию определенной геохимической ассоциации [ГОСТ Р 50779.10-200..., 2005].

Важное место среди методов многомерного анализа занимает факторный анализ, представляющий собой эффективное средство выявления закономерностей в большом массиве данных. Факторный анализ исследует внутреннюю структуру ковариационной и корреляционной матриц системы признаков изучаемого объекта.

Факторы оказывают воздействие не на один какой-то показатель, а на целый комплекс показателей, характеризующих изучаемый объект. Соответствующие показатели оказываются определенным образом связанными друг с другом. Один и тот же показатель получает свое количественное выражение под влиянием различных факторов, причем доля, вносимая каждым из действующих факторов не одинакова.

Для демонстрации результатов факторного анализа строят диаграммы в координатах факторных нагрузок и координатах значений факторов (факторные нагрузки изменяются в пределах от -1 до +1). С помощью факторных диаграмм переменных (коррелирующих между собой) и группы наблюдений (близких по свойствам). Такие

переменн характеризуются высокими положительными или отрицательными нагрузками (значениями факторов) [Математические методы моделирования..., 2005].

### **Математическое картографирование**

В геологии для прогноза полезных ископаемых традиционно используются критерии/признаки локализации полезного ископаемого. А при прогнозе какого-либо явления используются факторы, непосредственно определяющие это явление. Эти факторы могут быть представлены в виде картографических объектов.

Для создания карты районирования территории юга острова Сахалин на благородные металлы было применено математическое картографирование, которое проводилось с помощью программного продукта ArcGis ArcMap 10.2.2.

Исходными данными были выбраны:

- картографический материал (карты геологического строения, карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения);
- результаты лабораторно-аналитических исследований;
- результаты оптических исследований;
- фондовые материалы, литература.

По результатам комплексной интерпретации данных, получена карта с выделенными перспективными участками на благороднометалльную минерализацию.

#### 4. Структурно-вещественное районирование о. Сахалин

Любое районирование территорий предусматривает выделение участков, областей по совокупности признаков состава, строения, возраста. При районировании часто используются следующие принципы: структурно-морфологический, геодинамический, структурно-вещественный, историко-геологический. В связи со сложностью геологического строения территории юга о. Сахалин и для выделения металлогенически (геохимически) специализированных геологических образований как металлотектов регионального прогноза, нами предпринято районирование территории исследования по структурно-вещественному признаку.

В данной работе мы использовали структурно-вещественный принцип районирования изучаемой территории. Принцип основан на выделении участков, зон, обладающих особенностями вещественного состава, с учетом возраста их образования. В основу выделения комплексов положена геологическая основа. Комплексы, выделенные при таком виде районирования, изображаются на карте с помощью цветовой закрашки. Основную нагрузку карты (рис.5) составляют группы следующих комплексов:

Таблица 2

<b>Терригенные комплексы</b>			
<b>Комплекс</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Геологические подразделения</b>	<b>Металлогеническая специализация</b>
Молассово-вулканогенный (P <sub>2-3</sub> -Q)	Песчаники, конгломераты, гравелиты, алевролиты, сланцы, угли, пласты туфов, туфогравелитов	Верхнедуйская и Сертунайская, Гастеловская, Тунайчинская свиты	Ge (Верхнедуйская)
Терригенный (K <sub>1</sub> -Q)	Песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты, прослойки туфов среднего и основного состава	Маруямская, Курасийская, Краснопольевская, Такарадайская, Быковская свиты	Fe (Маруямская свита), Ge (Курасийская)
Молассовый (P <sub>2-3</sub> )	Песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты, аргиллиты, пласты угля	Снежинская свита	
Карбонатно-кремнисто-вулканогенный (K <sub>1-2</sub> )	Конгломераты, песчаники, известняки, доломиты, яшмы, радиоляриты, туфы, туфосилициты	Утесненская и Кедровая толщи	Пункт минерализации Au

<b>Вулканогенные комплексы</b>			
Гидровулканический (N <sub>1-2</sub> )	Гиалокластиты, гидроэксплозивные туфы, тефроиды, гидрокластиты, туфы, лавы	Монеронская толща	Золоторудная минерализация
Вулканогенно- терригенный (P <sub>2</sub> -N <sub>1-2</sub> )	Песчаники, туфы андезитов, базальтов, туфопесчаники, алевролиты, туффиты, гравелиты. Субвулканические образования контрастного состава (дайки андезитов, базальтов, штоки риолитов, дацитов)	Чеховский, Анивский комплексы, Аракайская, Холмская, Невельская свиты, Татарский комплекс	Au, Ag, Hg; серебро- полиметаллическая
Гранитный (P <sub>1-3</sub> )	Граниты, гранит- порфиры, аплиты, кварцевые диориты	Охотоморский и Южно-Анивский комплексы	Редкоземельная, серебро- полиметаллическая, ртутная минерализация
Вулканогенно- терригенный (без разделения по составу) (K <sub>2</sub> -P <sub>1</sub> )	Андезибазальты, туфопесчаники, туфоалевролиты, туффиты, туфы риолитов, песчаники, алевролиты	Чайкинская толща, Краснопольевская, Новиковская, Красноярковская свиты	
Базальтовый (J-K <sub>1</sub> )	Базальты, андезибазальты, их туфы, прослой гравелитов, песчаников, известняков, реже пикрито-базальты	Скальный комплекс	Полиметаллическая серебросодержащая минерализация
Вулканогенно- кремнистый (T-J)	Туфы среднего и основного состава, кремнистые сланцы, яшмы, гравелиты, вулканомиктовые песчаники	Юнонская, Великанская толщи	

<b>Метаморфогенные комплексы</b>			
Черносланцевый (J-K <sub>2</sub> )	Филлиты, филлитовые сланцы, серицит-кварцевые и альбит-кварцевые сланцы, линзы известково- кремнистых сланцев, метабазальтов	Сусунайский полиформационный метаморфический комплекс	Полиметаллическая серебросодержащая минерализация
Зеленосланцевый (J-K <sub>2</sub> )	Хлорит-эпидотовые, эпидот- актинолитовые сланцы, филлиты, зеленые парасланцы, метабазальты	Сусунайский полиформацион-ный метаморфический комплекс	Полиметаллическая серебросодержащая минерализация
Голубосланцевый (J-K <sub>2</sub> )	Риббекит- кросситсодержащие сланцы, амфиболиты, амфиболовые сланцы, метабазальты с лавсонитом, слюдяные сланцы	Сусунайский полиформационный метаморфический комплекс	
<b>Тектоногенные комплексы</b>			
Меланж (P <sub>1-2</sub> )	Серпентинитовый меланж, полимиктовый меланж		Благороднометал- льная минерализация

Как видно из таблицы 2, на территории юга острова Сахалин широкое распространение имеют терригенные и вулканогенные комплексы, в меньшей степени метаморфогенные и тектоногенные.

В триас-юрское время шло образование пород преимущественно кремнистого состава.

Юрско-меловое время представлено преимущественным распространением образований метаморфогенного комплекса различных ступеней метаморфизма, от черносланцевого комплекса низких ступеней, зеленосланцевого, до голубосланцевого комплекса высоких ступеней метаморфизма. В меньшей степени распространены образования базальтового комплекса.

В раннемеловое время начала увеличиваться роль терригенного материала в образованиях комплексов, формировались вулканогенно-терригенные и карбонатно-кремнисто-вулканогенные образования.

В раннепалеогеновое время локально проявлен интрузивный магматизм, параллельно с которым шло образование зон полимиктовых меланжей, распространенных на юге Тонино-Анивского полуострова. На другой части территории с середины палеогена активно формировался вулканогенно-терригенный комплекс контрастного состава. Формирование комплекса продолжалось до конца неогена.

Образование терригенного комплекса охватывает большой временной период – от раннего мела до четвертичного периода.

1) Терригенный комплекс занимает около 30% исследуемой территории. В состав комплекса входят образования таких геологических подразделений как Маруямская, Курасийская, Краснопольевская, Такарадайская и Быковская свиты. Образования Маруямской свиты характеризуются Fe специализацией, а образования Курасийской свиты – Ge. Кроме этого, в образованиях данной свиты отмечены точечные аномалии Ag и Au, установлены многочисленные литохимические потоки рассеяния в рыхлых отложениях Ag, единично Se, La, что может указывать на редкометалльную и благороднометалльную специализацию образований комплекса.

2) Молассовый комплекс представлен образованиями снежинской свиты. В образованиях комплекса установлены единичные точечные аномалии Au.

3) Молассово-вулканогенный комплекс включает в себя Верхнедуйскую, Сертунайскую, Гастеловскую, Тунайчинскую свиты. При этом, образования верхнедуйской свиты являются специализированными на редкометалльное оруденение – Ge.

4) Карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс представлен Утесненской и Кедровой толщами, образование которых происходило только в раннемеловое время. По шлиховым пробам в образованиях комплекса установлены повышенные концентрации Au, Hg, в меньшей степени Co. К выходам пород комплекса приурочен пункт минерализации Au на мысе Трудном.

5) Гидровулканический комплекс представлен Монеронской толщей неогенового возраста. К породам комплекса приурочена собственно золоторудная минерализация: пункт минерализации, шлиховые ореолы и большое количество точечных аномалий Au.

6) Вулканогенно-терригенный комплекс занимает большую часть юга острова Сахалин и объединяет Анивский и Чеховский комплексы, Холмскую, Аракайскую и Невельскую свиты. С образованиями некоторых геологических подразделений (Анивский и Чеховский комплексы) связана Au, Ag, Hg специализация комплекса, кроме этого, отмечается приуроченность к выходам пород комплекса точечных аномалий Au, Ag в рыхлых образованиях, рудопроявления золота Красноярское и Яблоновое, 2 пункта

минерализации золота (Замирайлова голова и устье р. Птичьа), и один серебро-полиметаллический, указывающие на возможную золотосеребряную полиметаллическую специализацию пород комплекса.

7) Гранитный комплекс объединяется палеогеновые Охотоморский и Южно-Анивский комплексы к выходам которых приурочены пункты минерализации редкоземельной минерализации, признаки золото-сульфидной и ртутной минерализации, пункты олово-серебро-полиметаллической, оловянной и медно-цинковой минерализации.

8) Чайкинская толща, Краснопольевская, Новиковская, Красноярковская свиты объединены в мел-палеогеновый вулканогенно-терригенный комплекс (не расчлененный по составу). В породах комплекса отмечаются точечные аномалии Ag и Au, при этом, на полуострове Крильон, в породах преобладает Ag, в то время как на Тонино-Анивском – Au.

9) Базальтовый комплекс представлен Скальным метабазальтовым комплексом, к выходам пород которого приурочено Новиковское полиметаллическое серебросодержащее проявление.

10) Вулканогенно-кремнистый комплекс, объединяющий Юнонскую и Великанскую толщу, имеет незначительное распространение, поэтому металлогеническую специализацию на данном этапе исследования определить затруднительно.

11) Метаморфогенный комплекс юрско-мелового возраста разделен на три метаформации: черносланцевую, зеленосланцевую и голубосланцевую. К породам комплекса приурочены медно-полиметаллические серебросодержащие пункты минерализации, точечные аномалии и многочисленные литохимические потоки рассеяния Au.

12) К зонам меланжа приурочено большинство пунктов золотой минерализации и значительное количество точечных аномалий Au.

В целом, для юга острова Сахалин характерно широкое распространение вулканогенно-осадочных комплексов палеоген-неогенового возраста, занимающие больше половины изучаемой территории.

Исходя из выше указанной характеристики комплексов, можно выделить несколько металлогенических эпох:

<i>Возраст</i>	<i>Структурно-вещественные комплексы</i>	<i>Металлогеническая специализация</i>
J-K <sub>2</sub>	Метаморфогенные и базальтовый	Полиметаллическая серебросодержащая
P - N <sub>1-2</sub>	Вулканогенно-терригенный и гранитный	Редкометалльная, золото-серебряная минерализация
N <sub>1-2</sub>	Гидровулканический	Собственно золоторудная минерализация



N<sub>2</sub>-Q

Терригенный

Железо

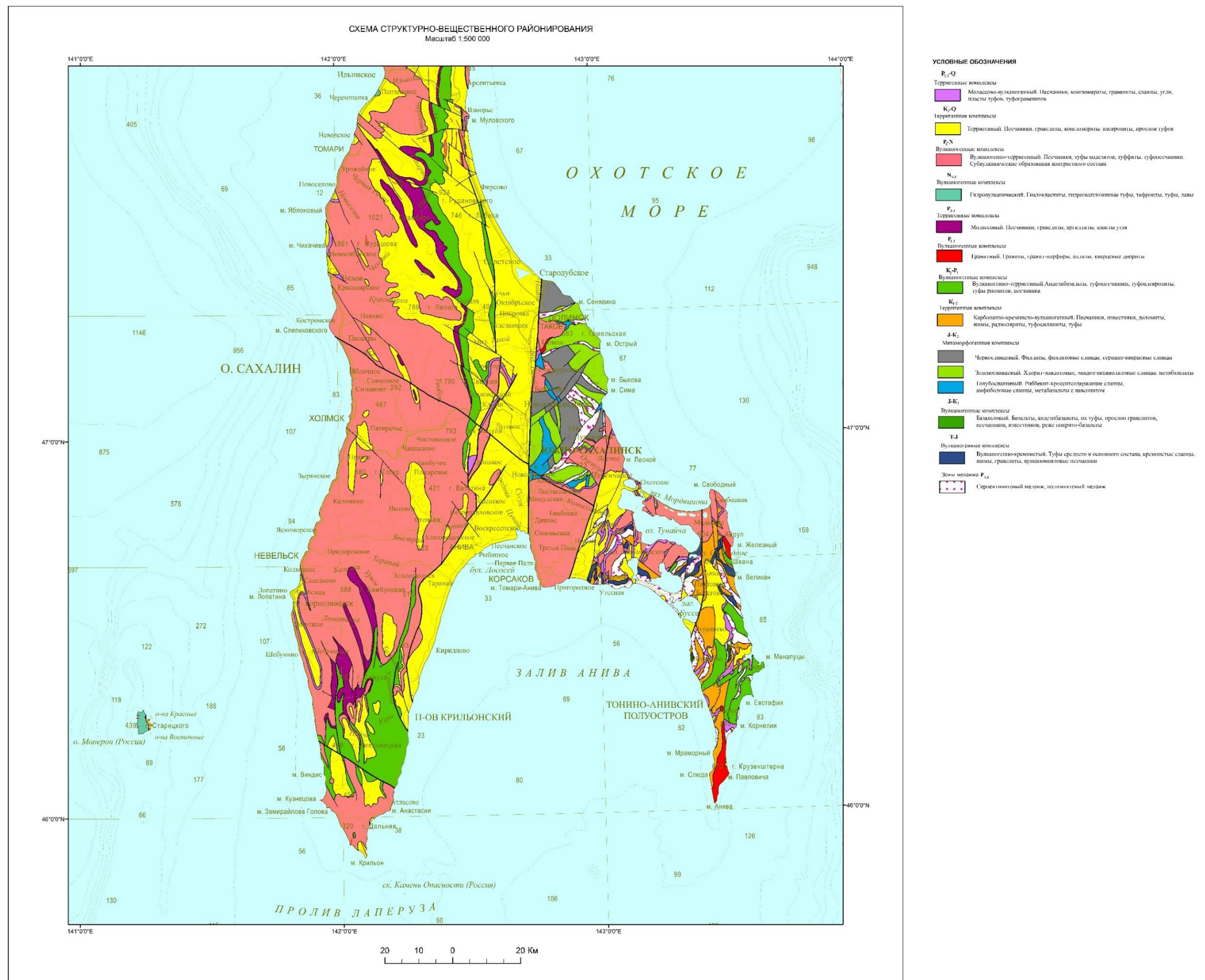


Рис.5. Схема структурно-вещественного районирования юга о. Сахалин

## 5. Минералого-петрографические особенности вулканогенно-осадочных образований

Для решения поставленной задачи по выявлению критериев благороднометалльной минерализации в вулканогенно-осадочных образованиях юга острова Сахалин в ходе полевых работ отобраны пробы горных пород, которые использованы при оптических исследованиях: петрографических и минераграфических исследованиях, изготовленных прозрачно-полированных шлифов (24 шт).

Макроскопически породы представлены в разной степени измененными вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями: риолитами, базальтами, гравелитами, туфопесчаниками и туфами. Текстура пород массивная. Туфы и туфопесчаники достаточно плотно сцементированы. Для гравелитов характерны ксенолиты различного генезиса и размера, довольно хорошей окатанности. Все исследуемые породы характеризуются наличием следов выветривания и окисления; гидротермальных изменений – кварц-карбонатные жилы и прожилки. Для ряда образцов характерно наличие массивных сульфидных руд.

Все исследуемые образцы, за исключением двух, относятся к вулканогенно-терригенному комплексу палеоген-неогенового возраста, что соответствует основной задаче исследования данной работы, по изучению кайнозойских вулканогенно-осадочных образований. Две пробы характеризуют карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс мелового возраста и анализировались для лучшего выявления возрастных закономерностей формирования золото-серебряной минерализации.

Таблица 3

Номер образца	Порода	Геологический комплекс
1/1	Риолит	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
1/2	Риолит	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
1/3	Риолит	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15004	Гравелит	Карбонатно-кремнисто-вулканогенный (K <sub>1-2</sub> )
15005	Базальт	Карбонатно-кремнисто-вулканогенный (K <sub>1-2</sub> )
15008/1	Метасоматит	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15013/2	Базальт	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15013/5	Базальт	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15014/1	Базальтовая ксенолава	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15014/2	Базальт	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15015	Базальт	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15016	Базальт	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)

15018	Туфопесчаник	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15019	Туф	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15020/1	Базальт	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15020/2	Гравелит	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15022/1	Риолит	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)
15022/2	Туф	Вулканогенно-терригенный (P <sub>2</sub> -N)

### Карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс (К)

Комплекс объединяет такие геологические образования как Утесненская и Кедровая толщи раннемелового возраста и представлен конгломератами, песчаниками, алевролитами, известняками, доломитами, яшмами, радиоляритами, туфами, туфосилицитами.

Изучению подверглись породы Утесненской свиты, представленной по петрографическим исследованиям полимиктовым гравелитом (шлиф 15004), метасоматитом (шлиф 15004, 2шт) и клинопироксеновым базальтом (шлиф 15005).

Метасоматиты среднезернистой структуры, мелкопрожилковой текстуры. На 95% состоят из кальцита, трещины в породе сложены кварц-халцедоновым агрегатом. Рудная минерализация представлена неравномерно-рассеянной мельчайшей вкрапленностью пирита (рис.6б), который присутствует как в виде включений в кристаллах кальцита, так и в межзерновом пространстве. Размеры кристаллов до 0,2 мм.

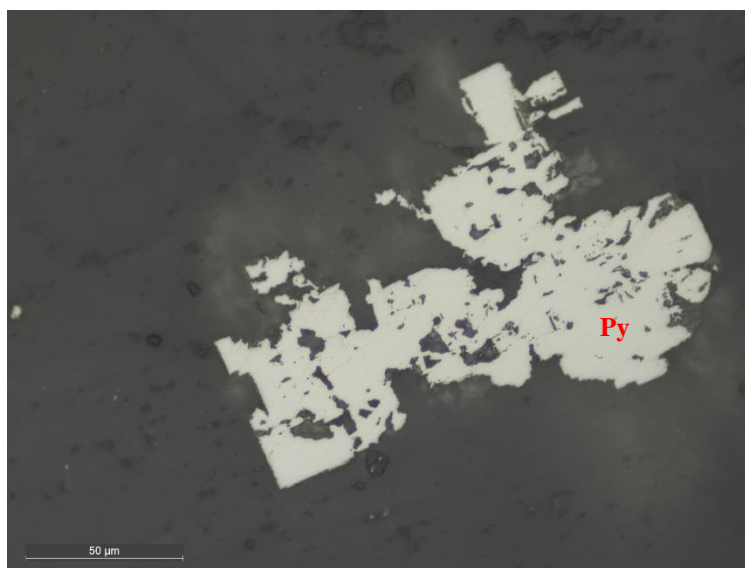


Рис.6а. Скелетный рост кристаллов пирита (шлиф 15004)



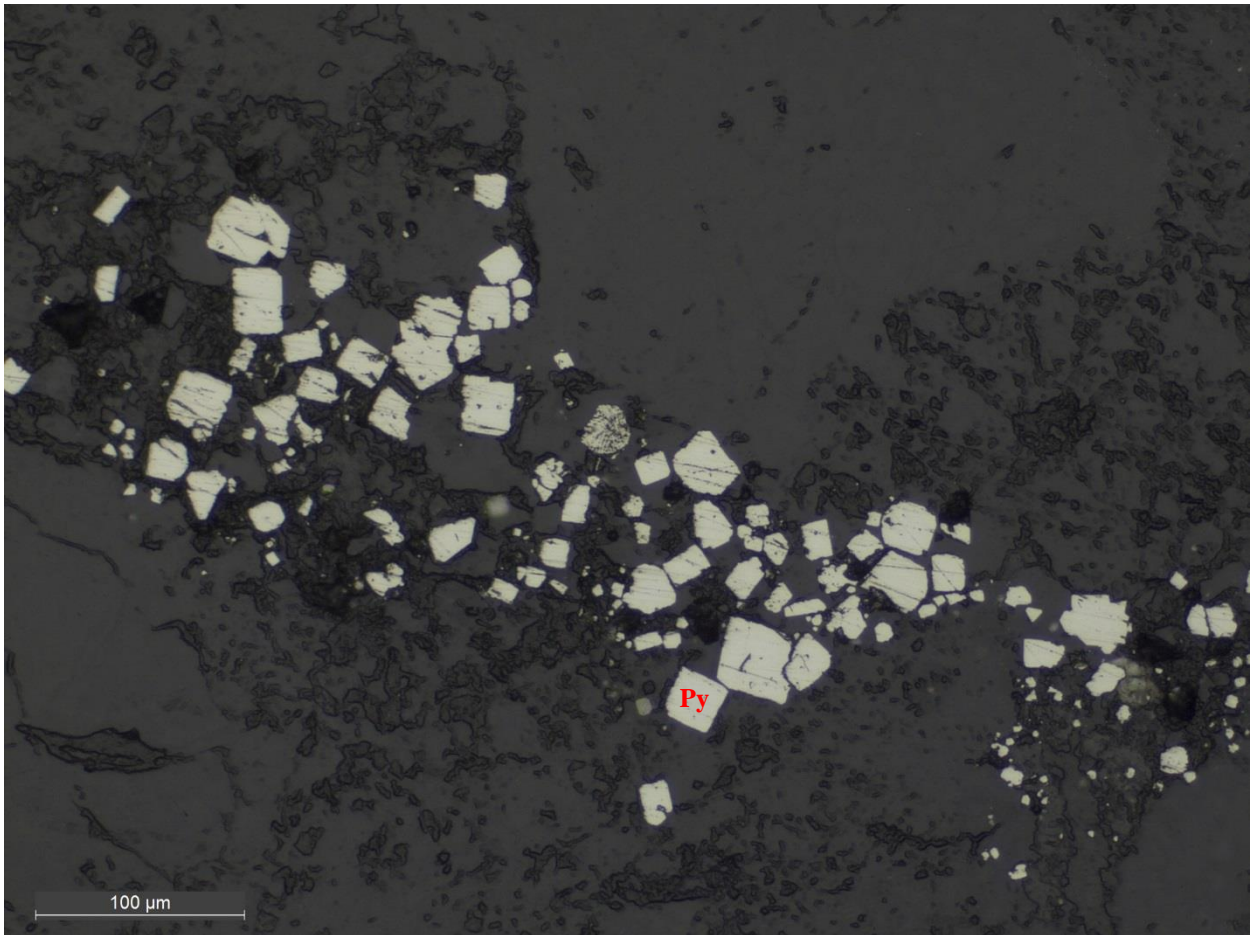


Рис.6б. Идиоморфные кубики пирита (шлиф 15004)

Полимиктовый гравелит псаммитовой структуры, массивной текстуры. Цемент породы – кремнистый, порового типа цементации. Обломки представлены преимущественно окатанными, осколочными кристаллами кварца с признаками деформационных процессов (до 40% объема). Также наблюдаются обломки кристаллов плагиоклаза (лабрадор) (до 20%), обломков девитрифицированного вулканического стекла (20%), риолита (10%) и андези-базальта (10%). Порода разбита сетью жилок, выполненным карбонатом (кальцит) и рудным минералом - неравномерная пиритизация. Пирит мелкозернистый, осадочный, встречаются округлые зерна-фрамбоиды (8б), связанные с органикой. Размеры кристаллов до 0,4 мм. Скопления мельчайших зерен, их агрегатов, проникают по трещинам, обволакивают обломки пород, насыщают линзовидные реликты органического вещества (рис.7, 8а).



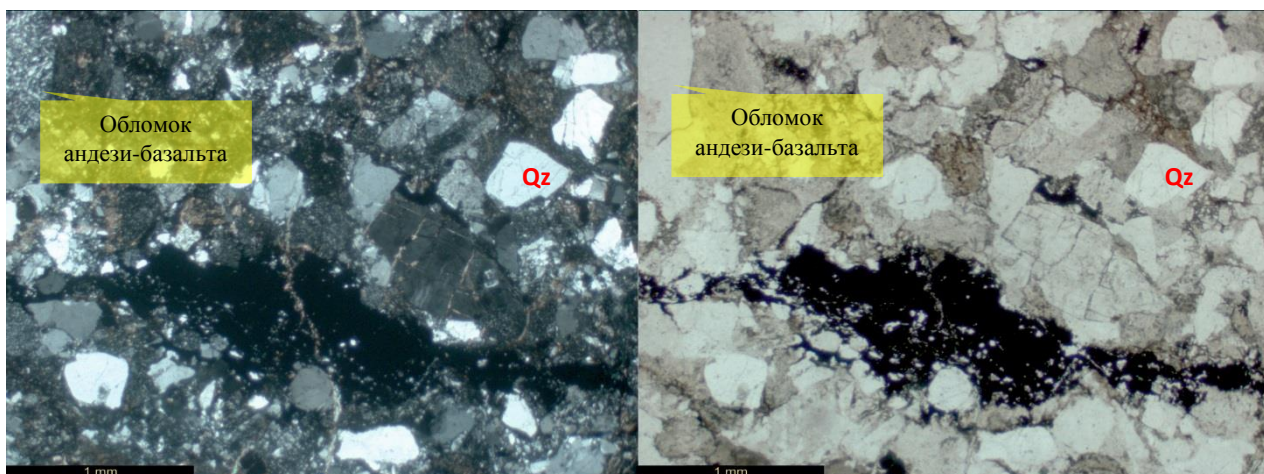


Фото с анализатором

Без анализатора

Рис. 7. Линза органики и рудного вещества в общей массе породы (шлиф 15004)

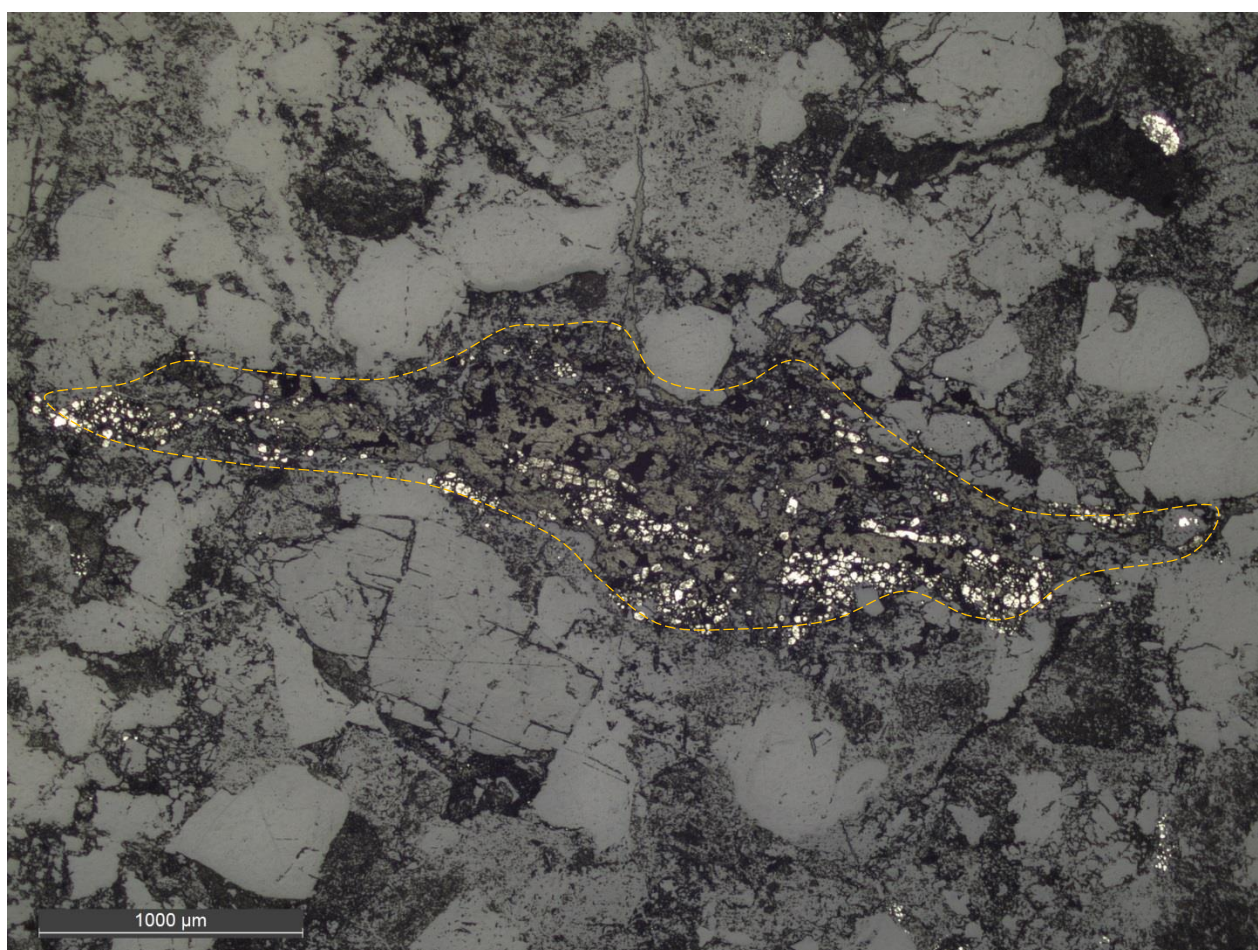


Рис.8а Линзочки органики с пиритом (желтой линией выделена линза органики, насыщенная пиритом) (шлиф 15004)

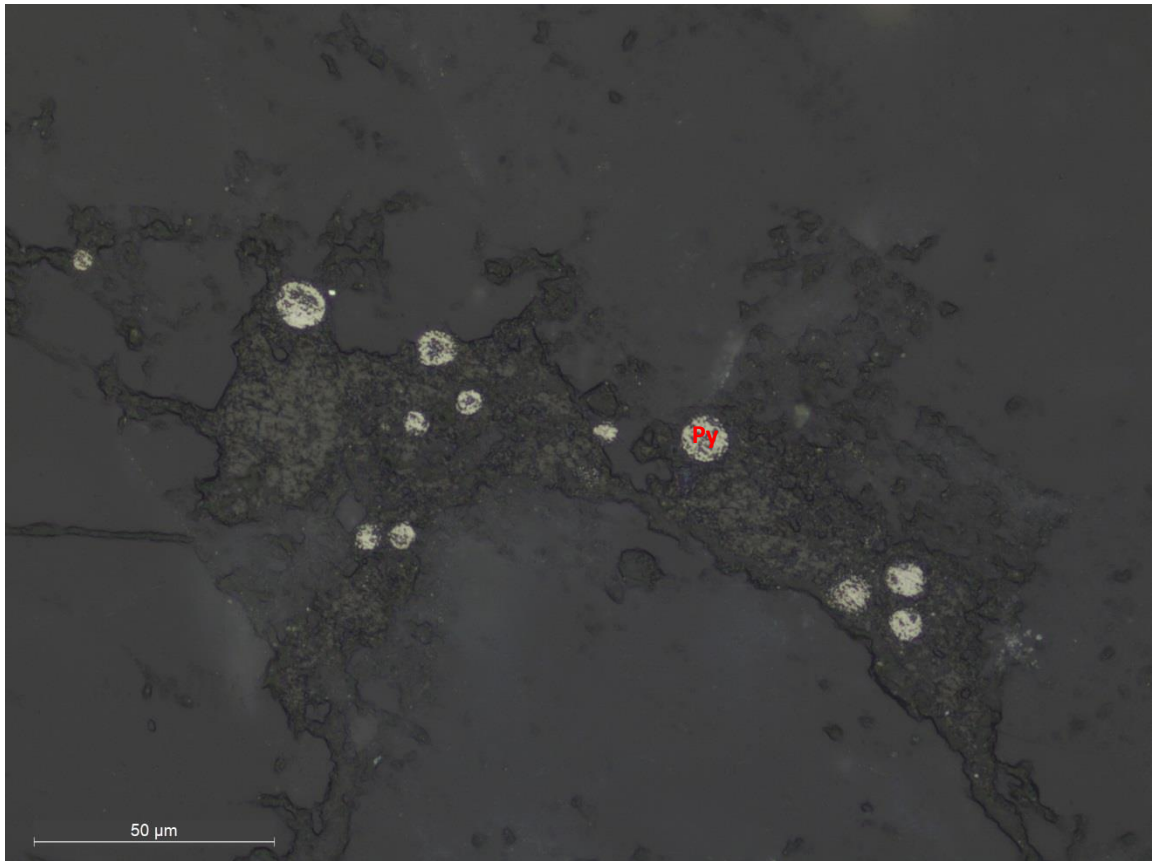


Рис.8б. Фрамбониды пирита в органике (шлиф 15004)

Базальты толщи клинопироксеновые, порфировой и микролитовой структуры, массивной, прожилковой текстуры. Основная масса представлена микросферолитовыми агрегатами слабоизмененного плагиоклаза. Порфировые включения представлены призматическими трещиноватыми кристаллами клинопироксена (авгит) псевдоморфно замещающимися карбонатом (зачастую полностью), а также микросталлическими агрегатами хлорита (до 10%).

В породе присутствуют следы нескольких стадий постмагматического преобразования породы. В первую очередь наблюдается присутствие жилы (рис.9), выполненной кальцитом, на зальбанде которой прослеживается рудная минерализация (гематит-гетит-гидрогетитовая). Вторая стадия выражается в наличии тонких прожилков с рудной и рудно-карбонатной минерализацией, секущих как базальт, так и раннюю жилу с карбонатом. Рудная минерализация представлена гидроокислами железа, представленными прожилками и тонкозернистыми агрегатами.



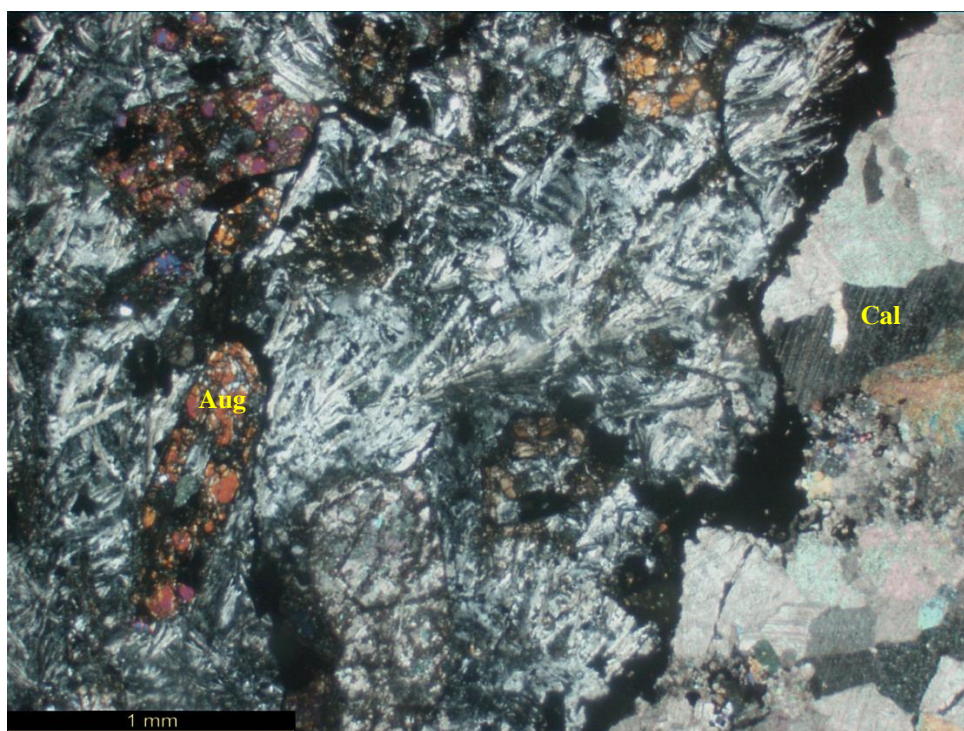


Рис. 9. Контакт базальта с карбонатной жилой (Шлиф 15005. Фото с анализатором)

На основе петрографических и минераграфических исследований пород кремнисто-карбонатно-вулканогенного комплекса можно сделать следующий вывод:

- Образования комплекса представлены полимиктовыми гравелитами, клинопироксеновыми базальтами;
- Для всех пород характерно наличие как слабопроявленных объемных метасоматитов, так и жильных проявлений, представленных кальцитовыми жилами, прожилками;
- Рудная минерализация представлена неравномерно-рассеянной вкрапленностью пирита, размеры зерен не превышают 0,4 мм, и гидрооксидами железа (гетит, гидрогетит);
- Отмечается характерная для пирита и гидроокислов железа ассоциация с кальцитом. Для пирита отдельно отмечается ассоциация с органическим веществом в породах.

### **Вулканогенно-терригенный комплекс (P<sub>2</sub>-N)**

Вулканогенно-терригенный комплекс объединяет большое количество геологических образований: Чеховский, Анивский, Татарский комплексы, Аракайская, Холмская, Невельская свиты.



Комплекс представлен песчаниками, туфами андезитов, базальтов, риолитов, туфопесчаниками, алевролитами, туффитами, гравелитами, субвулканическими образованиями контрастного состава (дайки андезитов, базальтов, штоки риолитов, дацитов).

Исследованию подверглись породы Чеховского и Анивского комплексов, Аракайской, Холмской и Невельской свиты и по петрографическим исследованиям представлены: измененными риолитами (шл. 1/1, 1/2, 1/3, 15022/1) и туфами кристалловитролитокластическими кислого состава (шл. 15022/2) Анивского комплекса; измененными базальтами (шл. 15013/2, 15013/5, 15014/2, 15015) и лавами (шл. 15014/1) Анивского комплекса; базальты (шл. 15020/1) и гравелиты (шл. 15022/2) Чеховского комплекса; туфопесчаники (шл. 15018) Невельской свиты; туфы литокристаллокластические (шл. 15019) Аракайской свиты и метасоматически измененная порода Холмской свиты (шл.15008/1).

Риолиты комплекса имеют порфириковую структуру, реже афиртовую (шл.15022/1).

Основная масса породы представлена вулканическим стеклом (кислого состава), девитрифицированным в кварц-полевошпатовый мелкокристаллический агрегат. Микропорфириковые вкрапленники представлены угловатым кварцем, кристаллами плагиоклаза, и карбонатом, очевидно, псевдоморфно замещающим кристаллы плагиоклаза (рис.10). Наблюдаются обломки витрокластов, раскристаллизованных в криптокристаллическую кварц-полевошпатовую микрофильзитовую массу.

В краевой части шлифа (1/3) наблюдаются брекчеевидные агрегаты риолита (рис.13), вероятно, ранней генерации. Пространство между обломков выполнено кварц-хлорит-актинолитовым агрегатом.

Для риолитов характерны в разной степени проявленные метасоматические изменения. В шлифе 1/1 наблюдаются псевдоморфозы по биотиту (опацитизация). В шлифе 1/2 наиболее полно проявлены следы нескольких постмагматических преобразований:

- 1) Порода пронизана сетью карбонатных прожилков.
- 2) Наблюдается интенсивное развитие гетит-гидрогетитового агрегата.
- 3) Наблюдается наличие рудного минерала, выделяющегося в виде дендритообразных и эмульсионных скоплений, приуроченных как к карбонатным прожилкам, так и к основной массе породы.
- 4) По кварц-полевошпатовой основной массе наблюдается развитие продуктов процессов пелитизации.

Почти повсеместно в породах развит кальцит, образующий псевдоморфозы по вкрапленникам минералов и выполняющий трещины в породе.

Рудная минерализация составляет около 3% объема породы и представлена кристаллами пирита (до 0,03 мм), зернами ильменита (до 0,3 мм) и рутила (до 0,3 мм), апатита (рис.11), циркона. Пирит представлен редкой рассеянной вкрапленностью в виде одиночных зерен (до 0,02мм); скопление нескольких зерен внутри кальцита. Единично встречается арсенопирит (рис.12).

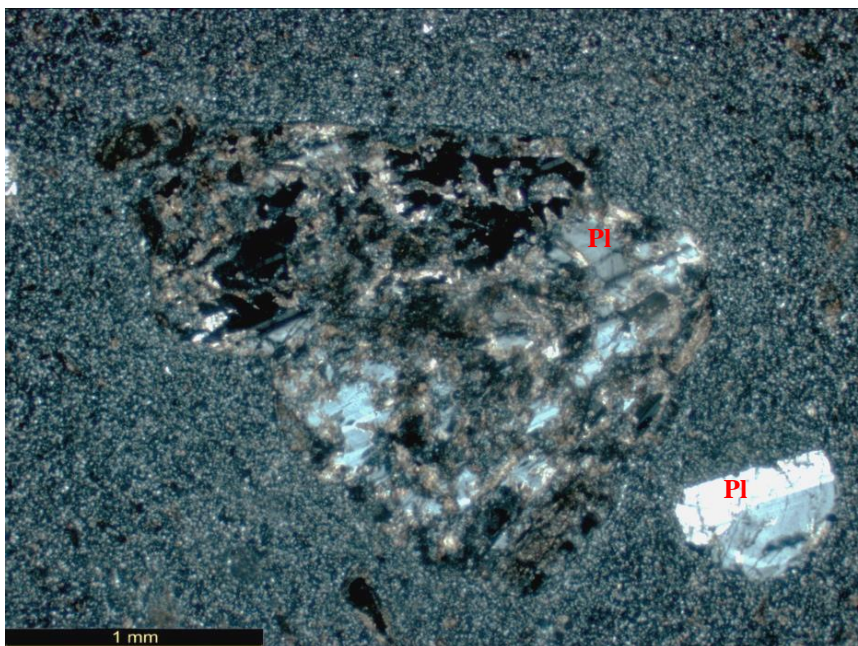


Рис. 10. Карбонатизированный вкрапленник плагиоклаза (шлиф 1/1) Фото с анализатором

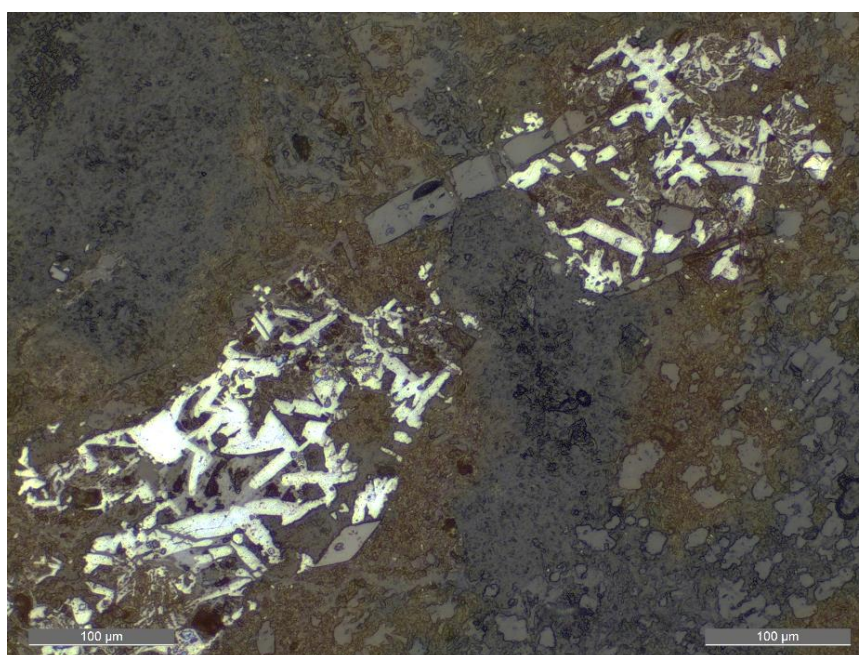


Рис.11. Рутил и апатит (шлиф 1/2)



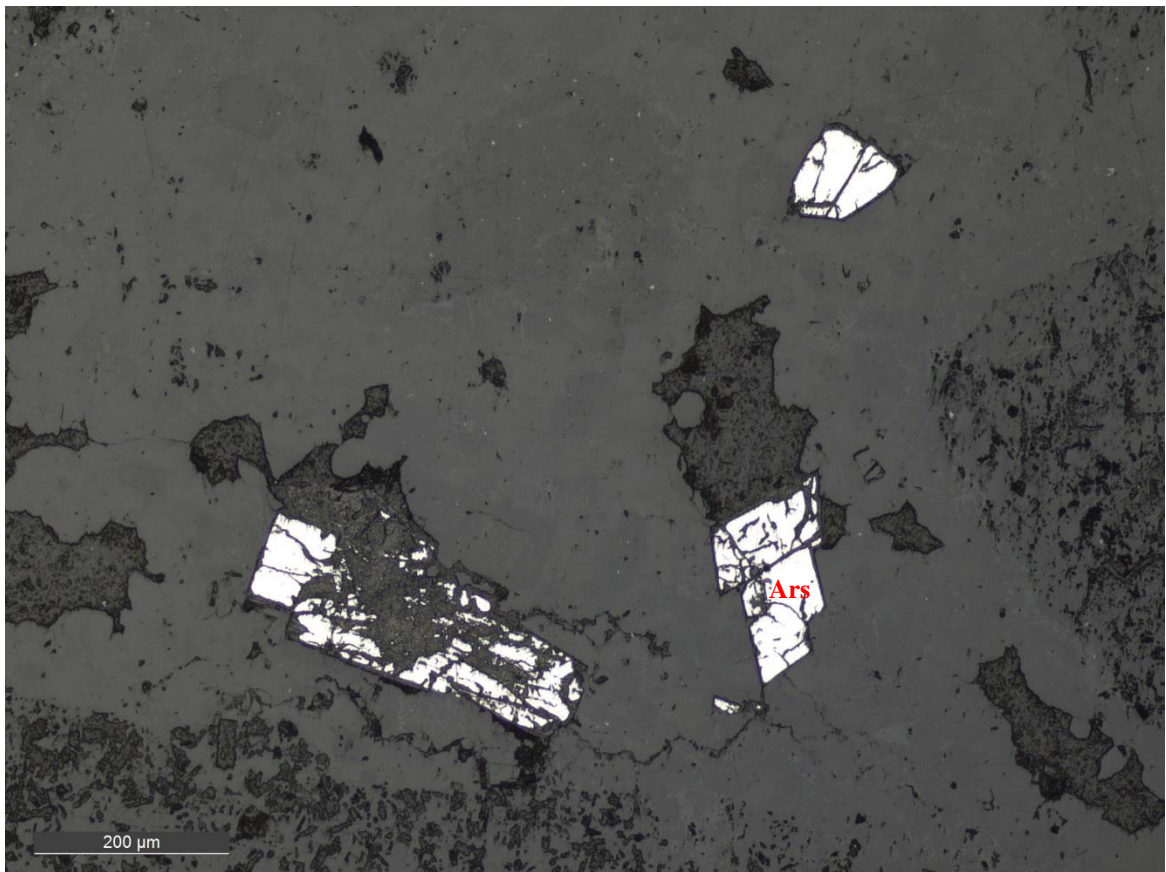


Рис.12. Арсенопирит (шлиф 1/3)

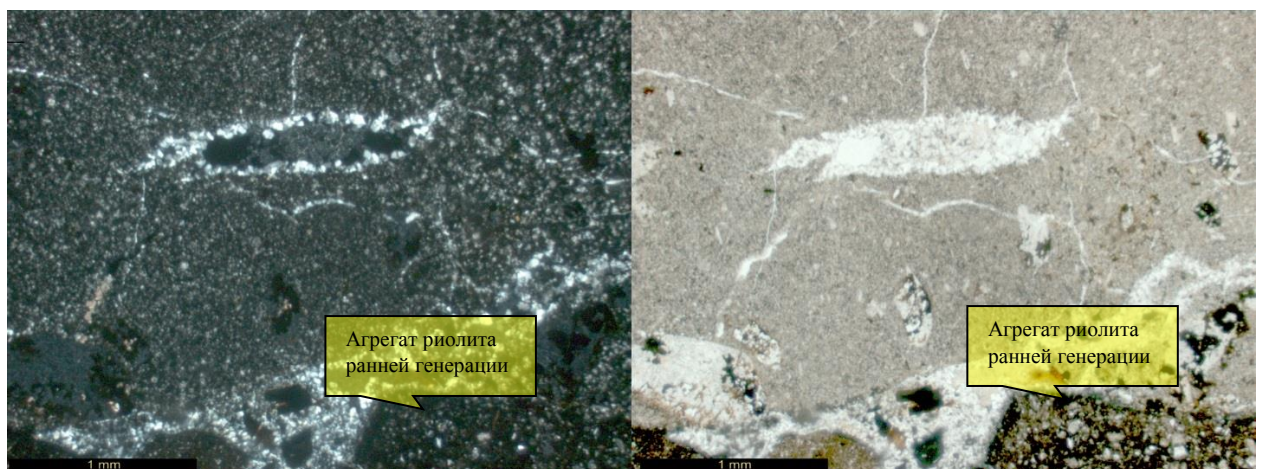


Фото с анализатором

Фото без анализатора

Рис.13. Брекчеевидный агрегат риолита более ранней генерации (шлиф 1/3)

Единичный образец (шл.15022/1) представлен сильно ожелезненным риолитом с полосовидными скоплениями гетит-гидрогетитового агрегата.

Базальты комплекса характеризуются порфировой, пилотакситовая структурой, реже афировой и массивной текстурой. Основная масса сложена микролитами плагиоклаза, рудного минерала и вулканического стекла в большом количестве. Среди вкрапленников присутствуют только кристаллы плагиоклаза или их сростки, представленные идиоморфными таблицами плагиоклаза.

Локально породы подвержены процессам вторичной минерализации – развитию карбоната (кальцита) и гидрогетита по кристаллам плагиоклаза и рудного минерала. В миндалекаменных базальтах (15020/1) миндалины породы выполнены халцедон-хлоритовым агрегатом.

Рудные минералы встречаются в межзерновом пространстве и выполняют жилки, секущие породу. Рудная минерализация представлена густой мелкозернистой вкрапленностью пирита (2-3%), образующий ксеноморфные, интерсиционные включения, тонкие прожилки до 0,05 мм, пронизывающие породу (рис.14), нередко образует изометрические, идиоморфные зерна (кубы, агрегаты сростков некоторых зернах). Отмечается довольно густая (шл.15013/2) мелкозернистая (до 0,3мм) вкрапленность ильменита. По трещинам ильменита нередко развивается пирит (рис.16). Отмечается реликтовое зерно с решеткой распада ильменита с выделившимся пиритом при разложении титан-магнетита (рис.15). Единично (шл.15013/2) встречаются зерна марказита до 0,01мм. В образце 15014/2, линзовидный агрегат среднезернистых кристаллических тесносросшихся зерен пирита и марказита (рис.17) – полнокристаллические зерна марказита до 1см в тесном срастании с пиритом. Пирит представлен мелкими ксеноморфными, изометрическими, идиоморфными агрегатами до 0,5 мм.

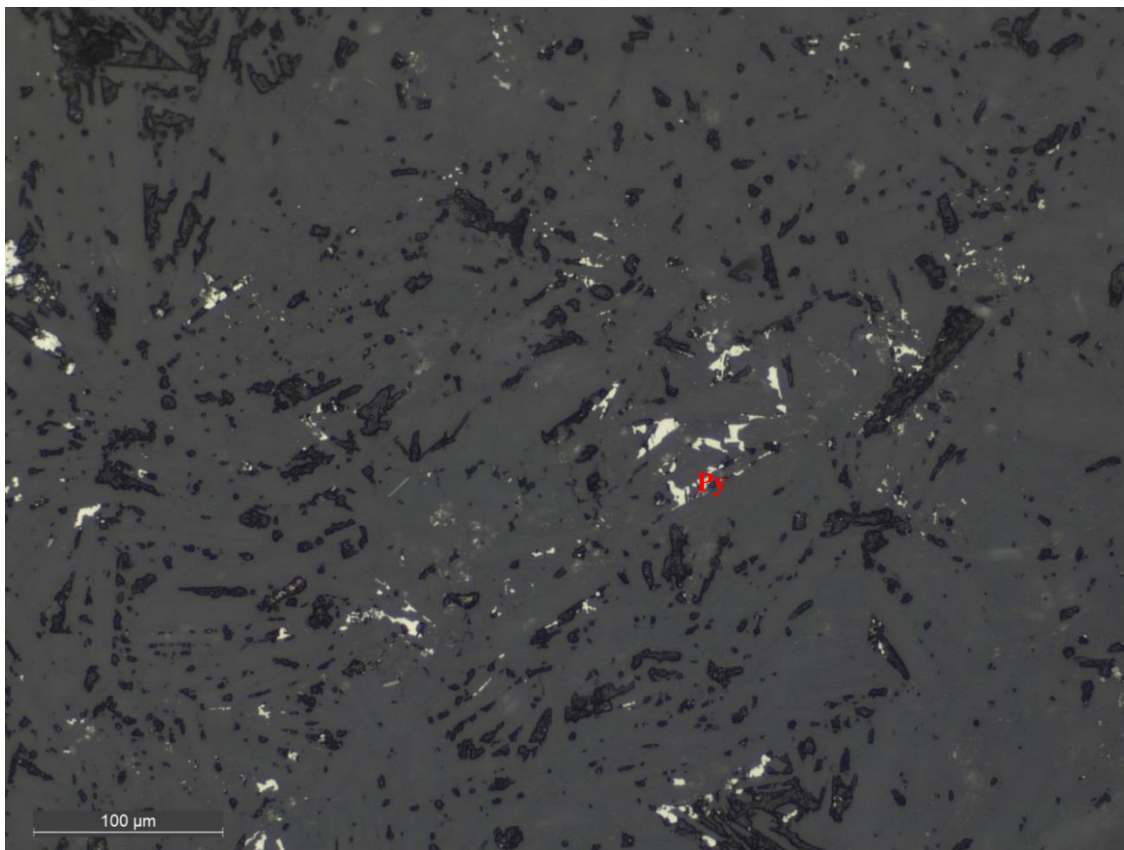


Рис.14. Вкрапленность пирита (шлиф 15013/5)



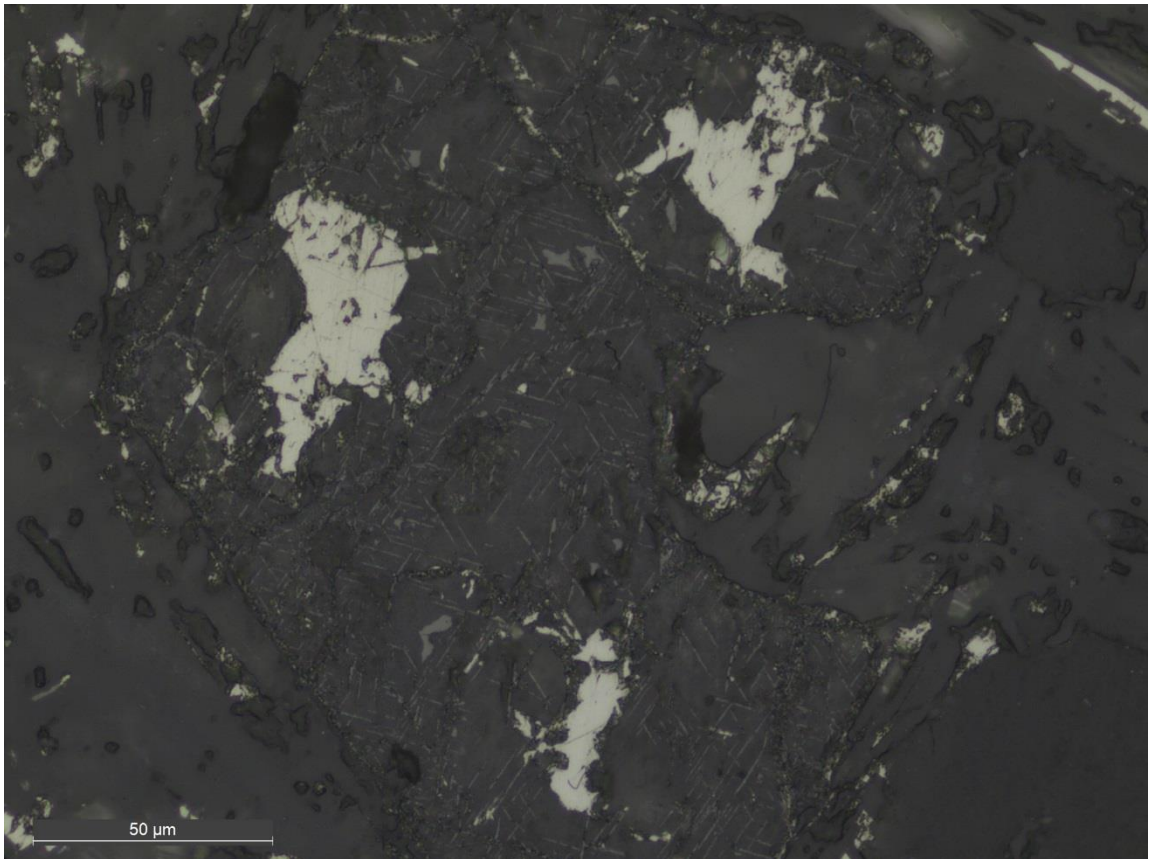


Рис.15. Реликтовые структуры распада ильменита в магнетит, замещающийся рутилом с высвобождением пирита (шлиф 15013/5)

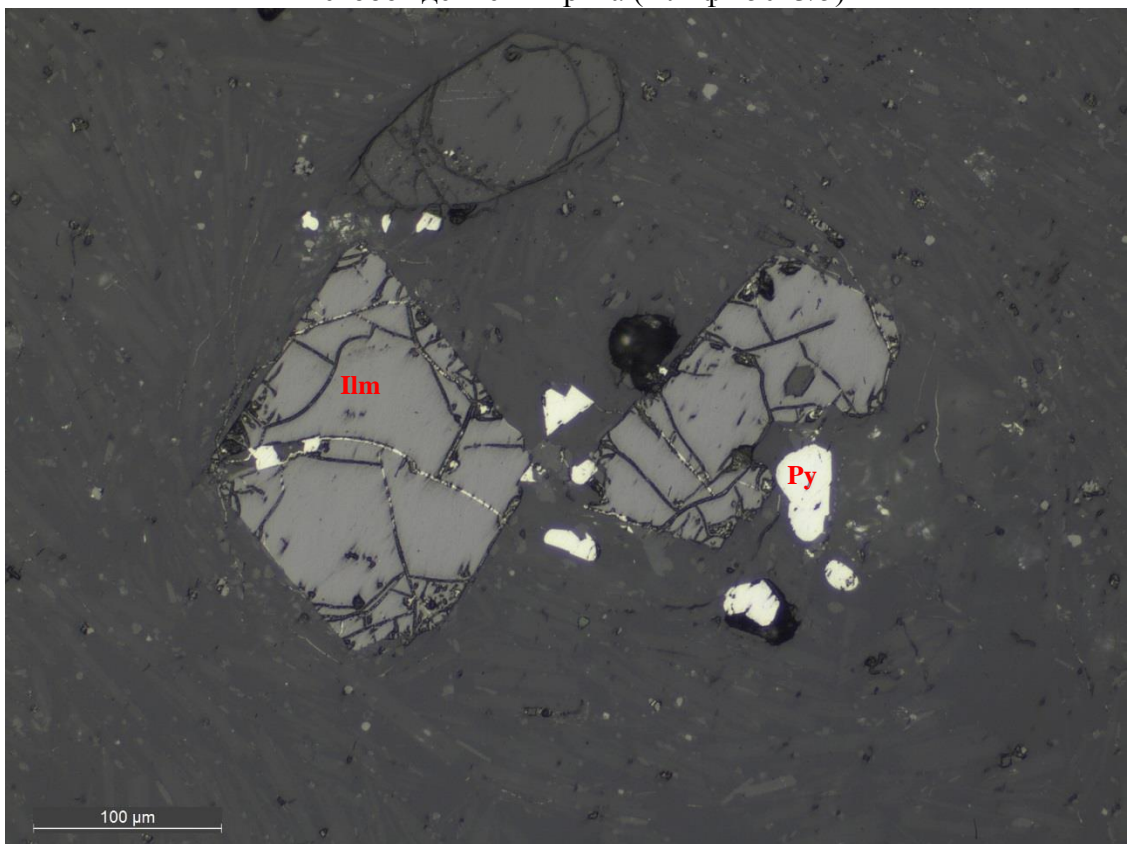


Рис.16. Пирит развивается по ильмениту (шлиф 15013/2)



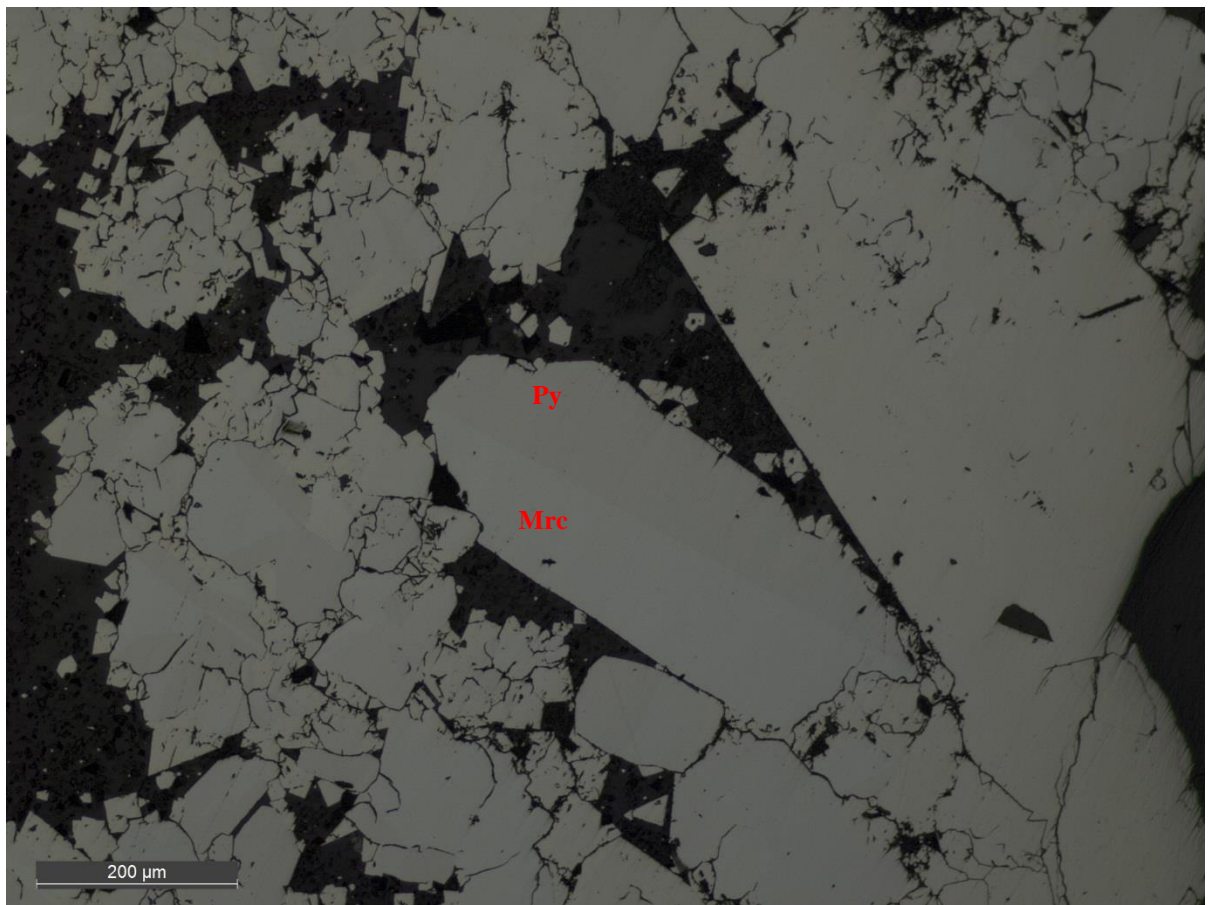
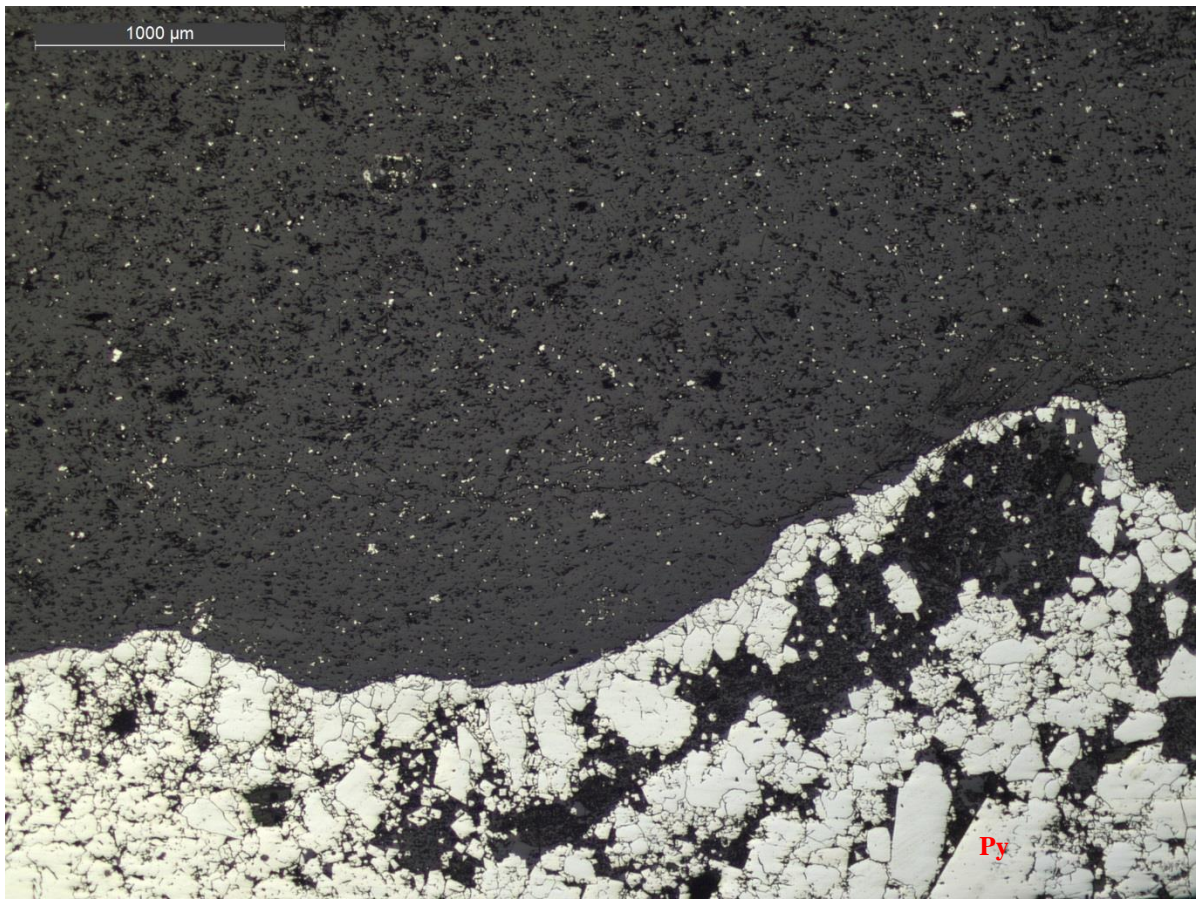


Рис.17. На фоне м/зернистой пиритовой вкрапленности линза пирит-марказита (шлиф 15014/2)

Туфы и туфопесчаники вулканогенно-терригенного комплекса представлены кристалловитролитокластическими (шл.15022/2), литокристаллокластическими (шл. 15018, 15019) разновидностями [Атлас структур и текстур вулканогенно-осадочных пород, 1987].

Литокластика представлена слабоокатанными обломками пород девитрифицированного вулканического стекла. Кристаллокластический материал представлен обломками кварца, плагиоклаза (олигоклаз), рудного минерала и редкими кристаллами клинопироксена (шл.15019, см. рис.17) и глауконита (шл.15018).

Тип цементации – базальный и базально-поровый. Цемент преимущественно карбонатный.

В шлифе 15022/2 литокластика представлена слабоокатанными обломками риолита и девитрифицированного вулканического стекла фельзитовой структуры. А в образце 15018 литокристаллокластическая масса представлена обломками базальтов.

Вторичная минерализация представлена кальцитом и халцедоном, образующиеся по пустотам и трещинкам. По обломкам литокласт и в цементе обломочной породы нередко образования гидроокислов железа. Единично встречается ильменит призматической неправильной формы и скопления нескольких идиоморфных зерен пирита (рис.16) (пентагододекаэдры) в одной из галек. В образце 15018 сульфидизация проявлена шире и представлена неравномерно-хаотичным распределением пиритом, который образует идиоморфные, изометрические зерна; ксеноморфные агрегаты; более поздний пирит выполняет прожилки и замещает органику.

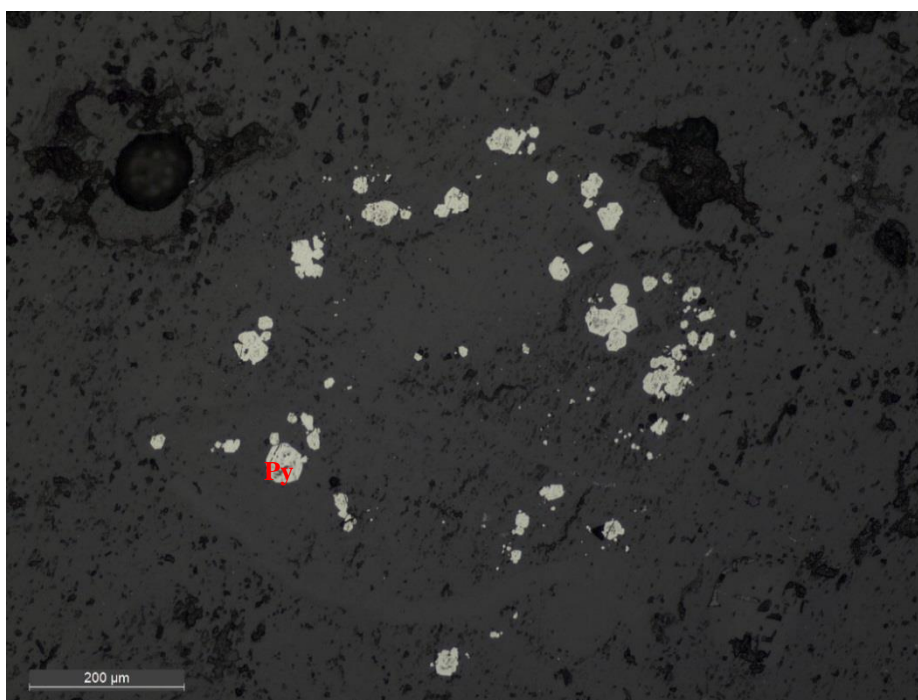


Рис.16. Включения идиоморфного пирита в гематите (шлиф 15022/1)



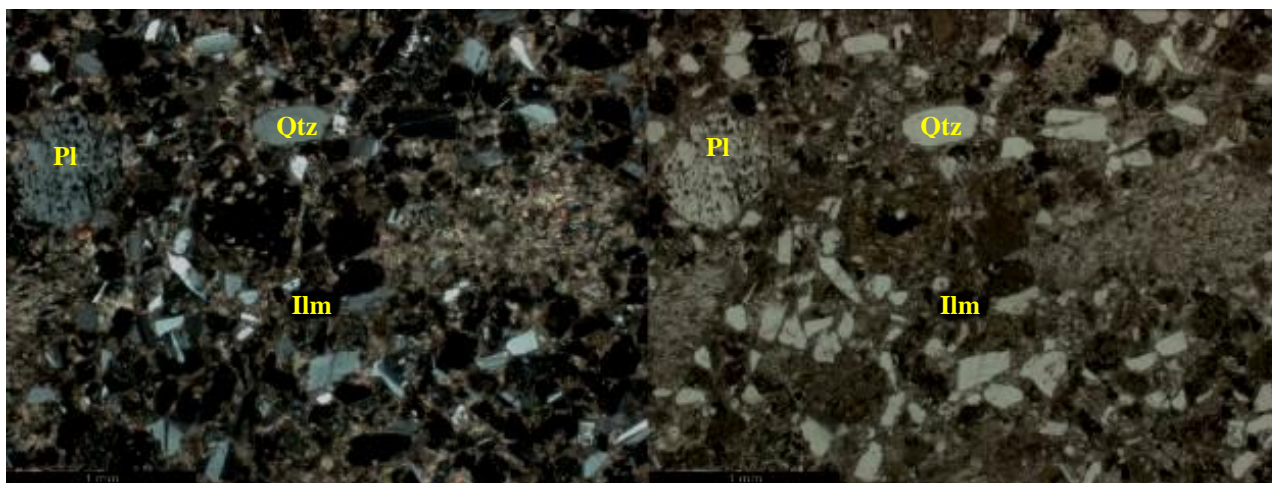


Фото с анализатором

Фото без анализатора

Рис.17.Литокристаллокластическая масса туфопесчаника (шлиф 15018)

Гравелиты изучаемого комплекса полимиктовые, массивной текстуры. Структуры пород характеризуются как псаммитовая и пилотакситовая. Обломки представлены минералами и горными породами различного генезиса: обломки базальта (рис.18), риолита (шл.15020/2), кварц, рудный минерал, реже плагиоклаз. Цементирующая масса – халцедон-карбонатная, карбонатная. Тип цементации – базально-поровый, крустификационный.

Рудная минерализация в изучаемых образцах различная по набору минералов и характеру вкрапленности. Так, в шлифе 15014/1 Рудная минерализация представлена до 80% от общей массы обломочно-катаклазированными неравномернозернистыми кристаллами пирита (рис.19). Общая масса пирита раздроблена и имеет брекчиевидную структуру; размеры зерен кристаллов достигают 8 мм. Внутренняя часть некоторых крупных зерен пирита представлена марказитом (до 1%) до 1 мм (рис.20).

Рудная минерализация в образце 15014/2 представлена густой вкрапленностью идиоморфных мелких зерен (до 1 см) марказита (до 50%) с редкими включениями фрамбоидов пирита (1%) размером до 0,5 мм. Встречаются единичные зерна ильменита до 0,02 мм.

В полимиктовом гравелите в шлифе 15022/2 неоднородная, неравномерная вкрапленность редких кристаллов пирита (3%) до 0,2 мм, марказита (ед.зерна) до 0,1 мм. Порода брекчирована. В обломках породы разный характер вкрапленности. В цементирующей массе вторичные минералы представлены ильменитом (до 1%), который замещается гематитом; ильменит обрастает агрегатом пирит-марказит.



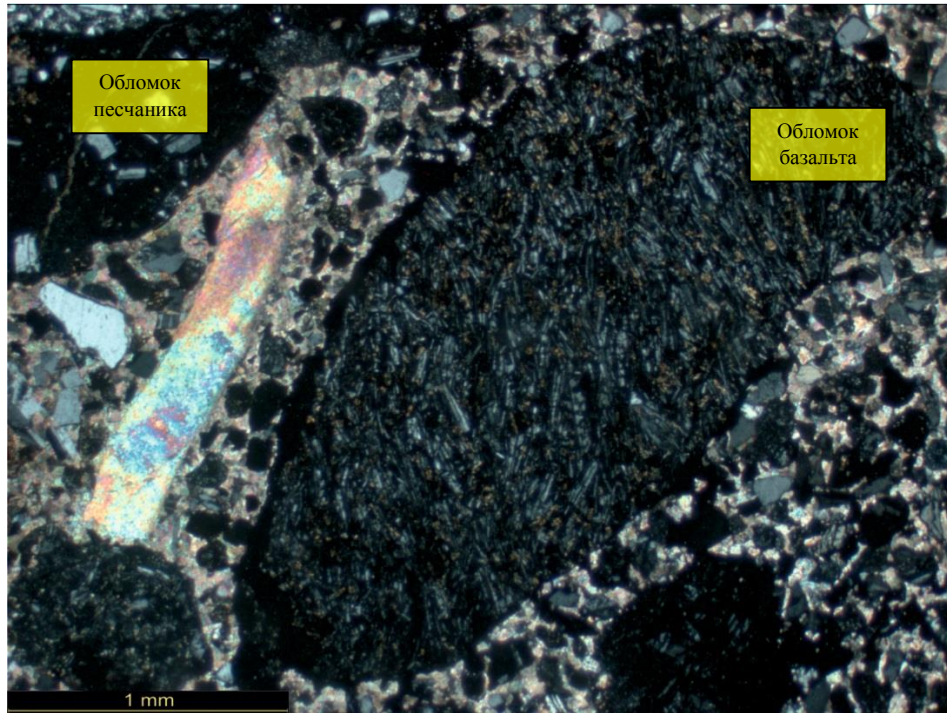


Фото с анализатором

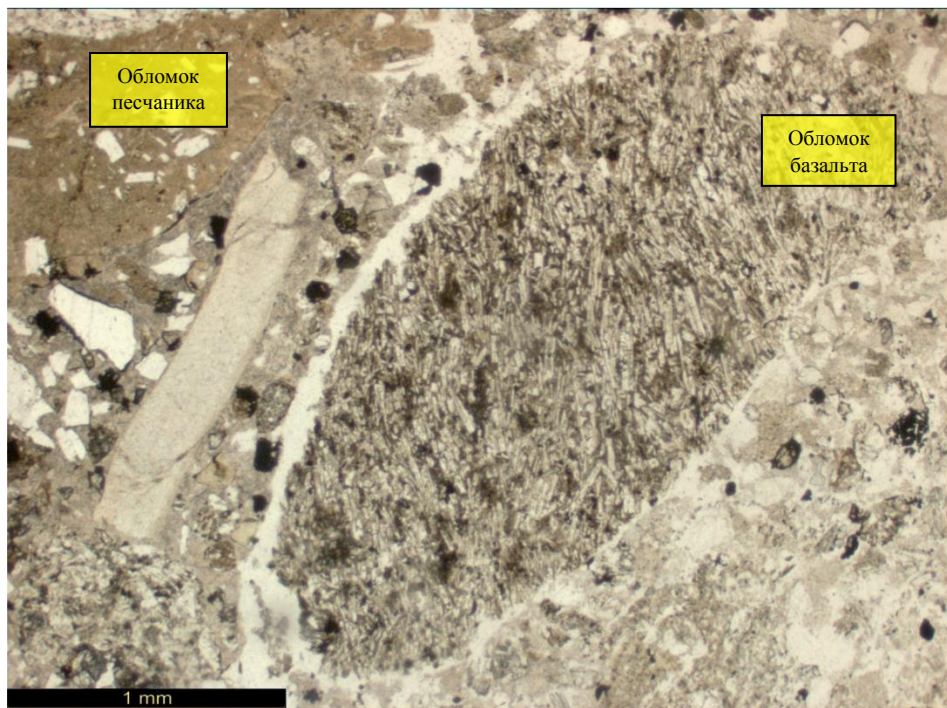


Фото без анализатора

Рис.18. Полимиктовый гравелит (шлиф 15020/2)



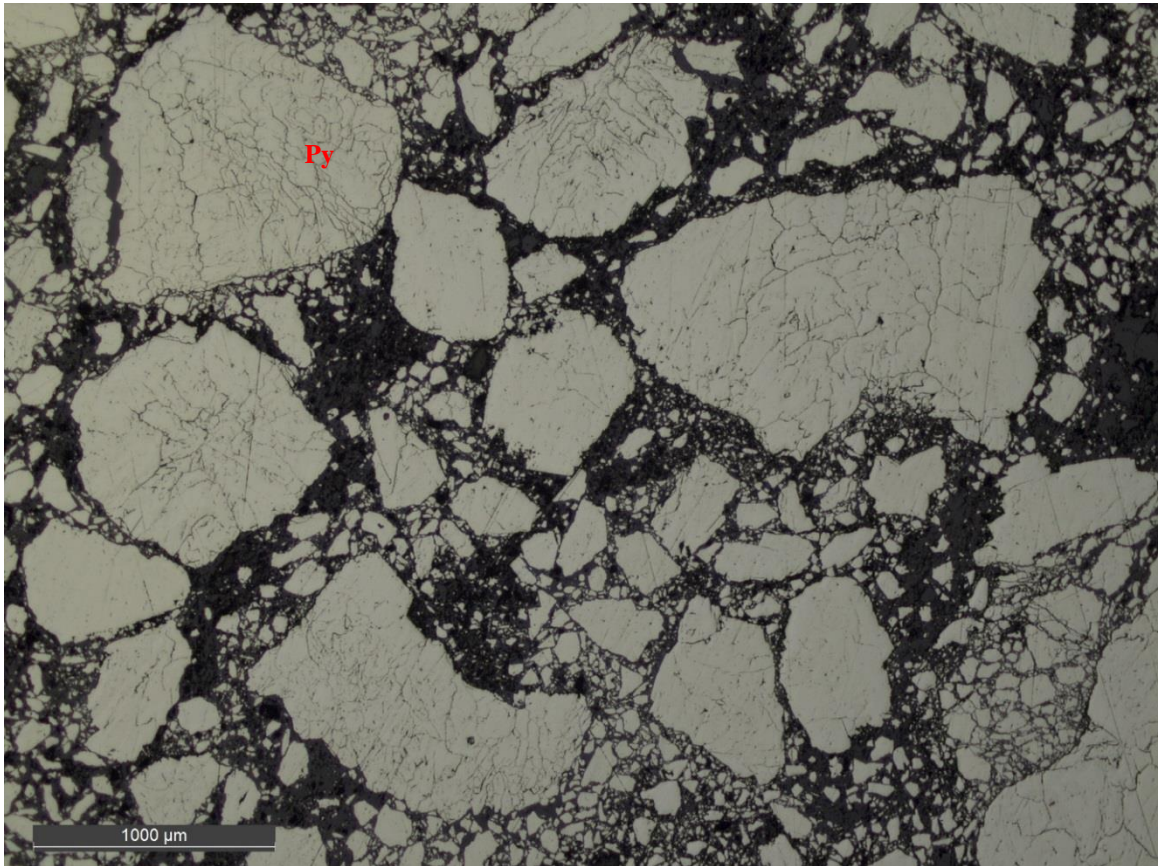


Рис.19.Раздробленная масса пирита брекчиевидной структуры (шлиф 15014/1)

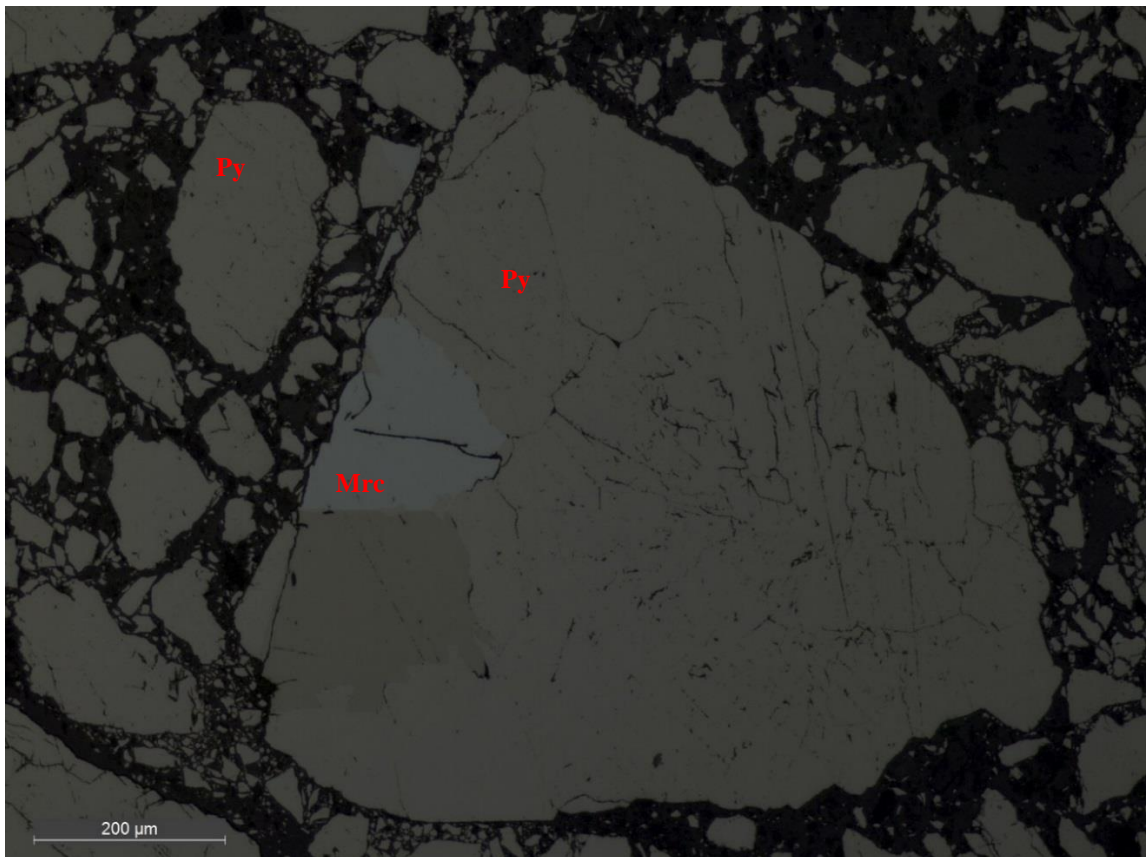


Рис.20. В скрещенных николях марказит по пириту (шлиф 15014/1)

Карбонатные метасоматиты комплекса сложены мелкозернистой массой кальцита и характеризуются массивной текстурой. На 80% породы состоят из кальцита, а также сложены кристаллами кварца, рудным минералом и глауконитом.

Присутствуют прожилки, выполненные кальцитом. Рудная минерализация представлена неравномерно рассеянной вкрапленностью осадочного (низкотемпературного) пирита 0,002-0,02 мм. Фрамбоиды пирита (до 4%) образуют скопления изометрической формы – собирательная перекристаллизация из фрамбоида к пентагондодекаэдру, агрегаты мелких кубиков (рис.21).

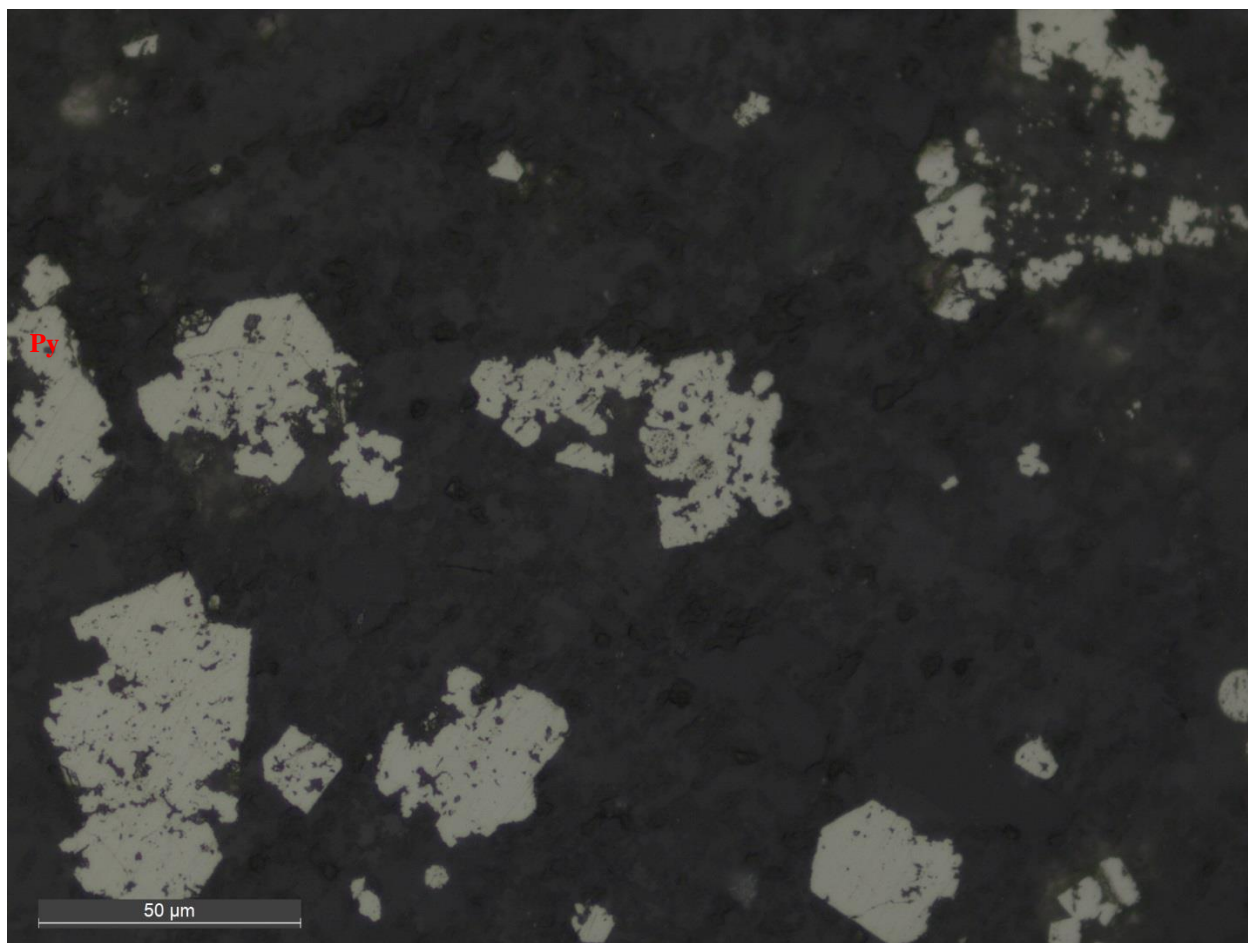


Рис.21. Собирательная перекристаллизация пирита из фрамбоида к пентагондодекаэдру (шлиф 15008/1)

В целом, для вулканогенно-терригенного комплекса характерен контрастный состав, объединяющий базальты, риолиты, гравелиты, туфы и туфопесчаники.

– Риолиты представлены порфирированными и афировыми разностями. Для риолитов характерны несколько стадий постмагматических преобразований: развитие кальцита по крапленникам, вплоть до образования полных псевдоморфоз, сеть карбонатных прожилков; развитие гетит-гидрогетитовых образований; пелитизация и опацизация.

Рудная минерализация представлена широким развитием гидроокислов железа, ильменитом, рутилом, апатитом, цирконом, пиритом, реже арсенопиритом. Рутил образует сростки с гидроокислами железа, реже с цирконом. Пирит присутствует в виде одиночных зерен или образует скопления в кальците. С кальцитом ассоциируют также ильменит, рутил и апатит.

– Базальты комплекса характеризуются порфировыми и пилотаксическими структурами. В породах локально проявлены процессы вторичной минерализации – развитие кальцита, гидроокислов железа, образование кварц-хлоритовых агрегатов. Рудная минерализация в базальтах представлена густой мелкой вкрапленностью пирита, образующий ксеноморфные, интерсиционные включения, пронизывающие породу. Пирит нередко образует тесные сростания с марказитом, образуя агрегаты размером до 1 см.

– Комплекс характеризуется присутствием кристалловитролитокластических и литокристаллокластических туфов и туфопесчаников с карбонатным цементом. Вторичная минерализация представлена кальцитом и халцедоном, нередко по литокластам образуются гидроокислы железа. Рудная минерализация представлена неравномерно-хаотично рассеянной вкрапленности идиоморфных зерен пирита. Более поздний пирит выполняется прожилки в породе.

– Полимиктовые гравелиты комплекса характеризуются халцедон-карбонатным и карбонатным цементом литокласт. В гравелитах интенсивно развита сульфидизация, представленная катаклазированными, неравномернозернистыми кристаллами пирита до 8 мм. Характерны сростания пирита и марказита.

Учитывая все вышесказанное, можно выделить следующие особенности пород комплексов.

Таблица 4

Комплекс	Карбонатно-кремнисто-вулканогенный	Вулканогенно-терригенный
Характеристика		
Породный состав	Гравелиты полимиктовые, базальты клинопироксеновые	Базальты миндалекаменные, риолиты, туфы кристаллокластические, туфопесчаники кристалловитролитокластические, гравелиты
Вторичные изменения	Слабопроявленные объемные метасоматиты и жильных проявления, представленные кальцитовыми жилами, прожилками	Карбонатизация пород, халцедон-хлоритовые и халцедоновые агрегаты в жилах и пустотах пород, пелитизация и опацификация (риолиты),
Рудная минерализация	Пирит, гидроокислы железа в ассоциации с кальцитом	Пирит, марказит и их сростания, ильменит, рутил; апатит, арсенопирит (риолиты)

Таким образом, наличие в изученных вулканогенно-терригенных образованиях гидротермально-метасоматических изменений (карбонатизация, халцедонизация, хлоритизация, сульфидизация) свидетельствует о низкотемпературных преобразованиях пород, что является благоприятным фактором для локализации золотого оруденения.

## 6. Геохимическая характеристика вулканогенно-осадочных образований

Геохимическая характеристика пород позволяет выявить как прямые признаки рудоносности образований, так и оценить их перспективность в отношении той или иной минерализации. В данной работе мы использовали следующие методы: корреляционный и факторный анализы, определение геохимической специализации пород комплексов.

Предварительно, в работе посчитаны средние составы пород комплексов: риолитов, базальтов, туфов и гравелитов.

Таблица 5

Усредненный состав риолитов (%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ср	57,8	13	0,27	2,25	0,05	0,46	10,95	1,035	3,16	0,033
Min	17,5	6,43	0,14	1,47	0,032	0,22	0,46	0,19	1,8	0,0025
Max	75	16,5	0,39	2,87	0,064	1,1	39,8	2,8	4,83	0,06
S	27	4,5	0,13	0,13	0,015	0,43	19,25	1,2	1,28	0,03
Средний химический состав риолитов (по О.А. Богатикову и др., 2001)										
Ср	75,08	13,2	0,3	0,7	0,1	0,4	1,1	3,6	4,3	0,1

Таблица 6

Усредненный состав базальтов (%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ср	54	15	1,04	9,03	0,09	2,3	6,73	4,12	1,46	0,39
Min	36,6	8,3	0,25	2,71	0,03	0,76	3,08	2,5	0,79	0,14
Max	64,5	19,1	2,84	24,8	0,18	4,01	19,4	5,6	2,24	0,67
S	9,91	4,05	0,88	7,4	0,06	1,5	5,9	0,98	0,61	0,2
Средний химический состав базальтов (по О.А. Богатикову и др., 2001)										
Ср	49,6	17,9	1,5	2,8	0,1	7,1	10,1	2,1	0,8	0,3

Таблица 7

Усредненный состав туфов (%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ср	58,9	11,43	0,49	2,9	0,14	1,24	8,62	1,77	1,42	0,05
Min	27,9	10,3	0,24	0,98	0,02	0,29	2,13	1,49	0,54	0,0025
Max	77,1	13,5	0,62	4,29	0,36	2,24	19,7	2,11	2,23	0,16
S	27	1,8	0,22	1,72	0,2	0,97	9,64	0,31	0,85	0,091
Средний химический состав туфов (Хоккайдо)										
Ср	73,1	8,53	-	1,56	0,28	0,94	0,95	3,61	1,94	0,64
Средний химический состав мелантеритов (Тюоку)										
Ср	58,3	18,3	0,48	6,2	0,2	1,32	1,37	2,35	3,55	0,42

Усредненный состав гравелитов (%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ср	56,5	12,8	0,59	9,8	0,16	1,3	5	2,99	1,75	0,29
Min	41	8,3	0,25	2,55	0,05	0,34	2,97	1,89	0,79	0,07
Max	75	18,2	1,05	24,8	0,55	3,17	17,4	4,19	2,83	0,64
S	13,4	3,94	0,3	8,9	0,2	1,11	6,3	0,9	0,8	0,22
Средний химический состав зеленых порфиритов (Тюгоку)										
Ср	64,32	14,71	0,53	0,72	0,44	2,99	3,21	2,35	2,59	0,15

Сравнительный анализ средних химических составов риолитов (по О.А. Богатинову и др., 2001) показывает, что изучаемые нами риолиты характеризуются низкими содержаниями SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, и повышенными содержаниями Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>общ и CaO. Такие отклонения указывают на эпигенетические изменения пород, сопровождающиеся выносом химических элементов, например, кислотное выщелачивание натрия, карбонатизация пород и др. Повышенные содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, возможно, связаны с рудной минерализацией в породах, что также подтверждается петрографическими и минераграфическими исследованиями.

Базальты характеризуются повышенными содержаниями Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O, и низкими содержаниями MgO и CaO, которые, вероятно, связаны с вторичными процессами, проявленными в породах. По петрографическим и минераграфическим наблюдениям, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> связано с окислами и гидроокислами железа, ассоциирующие с сульфидной минерализацией, а привнос Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O связан с альбитизацией пород, сопровождающейся замещением основного плагиоклаза (лабрадор), на что указывает низкое содержание CaO.

Состав, как туфов, так и гравелитов, варьирует в широких пределах, так как зависит от состава обломков и цемента. Как указывалось выше, в главе 2, территория юга о. Сахалин принадлежит Хоккайдо-Сахалинской тектонической системе, наиболее близкими по составу можно рассматривать туфы о. Хоккайдо и Тюгоку.

Туфы юга острова Сахалин в большинстве случаев отличны по химическому составу от туфов Японии (Геология и минеральные ресурсы Японии, 1961). Наибольшее сходство обнаруживается с риолитовыми туфами о. Хоккайдо, в меньшей степени мелантеритами западной части Тюгоку, по SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO и MgO и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (характерно только для риолитовых туфов о. Хоккайдо). В остальных случаях, исследуемые туфы обогащены CaO и обеднены Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (мелантериты Тюгоку), Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O (характерно только



для мелантеритов Тюгоку),  $P_2O_5$ , что указывает на разную степень и характер гидротермальной переработки пород.

Сравнительный анализ гравелитов показал сходство средних химических составов с порфиритами центральной части Тюгоку (Геология и минеральные ресурсы Японии, 1961). Однако, для изучаемых нами гравелитов отмечаются высокие содержания  $Fe_2O_3$ , вероятно связанные с широко развитыми в породах окислах железа, ассоциирующим с обильной сульфидизацией пород.

#### **Факторный и корреляционный анализ**

Чтобы определить региональные геохимические особенности пород в целом для юга острова Сахалин, построена корреляционная матрица (таблица 9) и проведен факторный анализ, отражающий факторные нагрузки (таблица 10) для всех изучаемых пород.

Предварительно все данные были логарифмированы, и определен критически значимый коэффициент корреляции ( $t=0,6$ ) при 99% вероятности. На основании превышения критического коэффициента выделены элементы, тесно ассоциирующие элементы друг с другом.



Таблица 9

	Si	Al	Ti	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	Be	V	Cr	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo	Cs	Ba	Th	U	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	Ag	Sn	Sb	Bi	As	Au		
Si	1,00																																			
Al	0,81	1,00																																		
Ti	0,47	0,75	1,00																																	
Mn	-0,25	-0,13	0,33	1,00																																
Mg	0,07	0,27	0,72	0,65	1,00																															
Ca	-0,27	0,03	0,46	0,58	0,64	1,00																														
Na	0,57	0,66	0,73	0,09	0,57	0,09	1,00																													
K	0,79	0,81	0,41	-0,33	-0,11	-0,04	0,26	1,00																												
P	0,16	0,40	0,66	0,49	0,71	0,39	0,71	0,06	1,00																											
Be	0,57	0,65	0,54	-0,19	0,20	0,09	0,41	0,63	0,34	1,00																										
V	0,25	0,48	0,83	0,46	0,74	0,63	0,38	0,26	0,41	0,38	1,00																									
Cr	0,12	0,09	0,30	0,28	0,51	0,43	0,09	0,02	0,05	-0,01	0,62	1,00																								
Rb	0,79	0,74	0,33	-0,28	-0,10	-0,04	0,19	0,98	0,02	0,56	0,23	0,07	1,00																							
Sr	0,50	0,61	0,66	0,04	0,44	0,48	0,59	0,48	0,40	0,51	0,50	0,23	0,45	1,00																						
Zr	0,61	0,83	0,65	-0,13	0,18	0,15	0,50	0,80	0,49	0,70	0,31	-0,16	0,72	0,55	1,00																					
Nb	0,58	0,69	0,80	0,18	0,39	0,28	0,53	0,60	0,53	0,62	0,55	0,05	0,52	0,60	0,82	1,00																				
Mo	0,42	0,35	0,08	0,08	-0,14	-0,14	0,12	0,50	0,25	0,13	-0,02	-0,14	0,54	0,19	0,38	0,25	1,00																			
Cs	0,67	0,46	0,04	-0,33	-0,14	-0,41	0,33	0,60	0,05	0,39	-0,12	-0,22	0,64	0,17	0,41	0,13	0,42	1,00																		
Ba	0,77	0,69	0,46	-0,27	-0,01	0,03	0,35	0,83	0,10	0,58	0,31	0,07	0,78	0,70	0,72	0,70	0,41	0,48	1,00																	
Th	0,79	0,83	0,52	-0,15	0,07	0,06	0,38	0,93	0,27	0,64	0,29	0,03	0,91	0,59	0,89	0,77	0,54	0,50	0,86	1,00																
U	0,50	0,54	0,25	0,05	0,02	0,26	0,02	0,79	0,16	0,44	0,22	0,09	0,81	0,44	0,68	0,53	0,57	0,36	0,69	0,85	1,00															
Co	0,22	0,46	0,87	0,50	0,82	0,58	0,51	0,15	0,55	0,41	0,93	0,57	0,09	0,47	0,33	0,62	-0,15	-0,22	0,24	0,24	0,10	1,00														
Ni	0,01	0,05	0,48	0,41	0,61	0,58	0,02	-0,00	0,15	0,12	0,80	0,80	-0,00	0,25	-0,05	0,29	-0,16	-0,38	0,12	0,04	0,07	0,75	1,00													
Cu	0,18	0,31	0,68	0,33	0,67	0,53	0,27	0,11	0,15	0,29	0,89	0,58	0,08	0,40	0,11	0,39	-0,23	-0,16	0,22	0,12	0,02	0,82	0,83	1,00												
Zn	0,22	0,53	0,82	0,52	0,76	0,71	0,51	0,28	0,62	0,55	0,78	0,30	0,22	0,71	0,52	0,67	0,08	-0,10	0,38	0,44	0,39	0,81	0,50	0,65	1,00											
Cd	-0,26	-0,03	0,18	0,21	0,29	0,46	-0,12	-0,09	0,17	0,25	0,20	0,07	-0,15	0,20	0,18	0,33	-0,37	-0,56	0,01	0,08	0,22	0,34	0,22	0,16	0,48	1,00										
Pb	0,73	0,85	0,47	-0,25	0,02	0,07	0,37	0,89	0,15	0,69	0,33	0,09	0,84	0,59	0,75	0,52	0,50	0,47	0,74	0,86	0,73	0,23	0,00	0,19	0,46	-0,01	1,00									
Hg	0,13	-0,12	-0,20	-0,05	-0,35	0,06	-0,38	0,35	-0,39	0,03	0,02	0,14	0,37	-0,07	0,04	0,19	0,20	0,09	0,41	0,28	0,47	-0,08	0,18	0,02	-0,09	0,04	0,15	1,00								
Ag	0,54	0,45	0,26	-0,06	0,24	0,25	0,30	0,54	0,20	0,43	0,28	0,31	0,57	0,67	0,39	0,24	0,41	0,50	0,68	0,57	0,62	0,15	0,20	0,24	0,42	-0,08	0,63	0,16	1,00							
Sn	0,71	0,83	0,57	-0,21	0,07	-0,08	0,37	0,79	0,26	0,58	0,34	0,02	0,71	0,33	0,83	0,71	0,25	0,40	0,69	0,80	0,60	0,33	0,06	0,18	0,28	0,07	0,66	0,10	0,27	1,00						
Sb	0,57	0,49	0,09	-0,29	-0,32	-0,20	-0,13	0,75	-0,27	0,33	0,13	0,04	0,73	-0,03	0,43	0,25	0,34	0,44	0,53	0,59	0,59	-0,02	0,04	0,11	-0,07	-0,23	0,61	0,47	0,31	0,69	1,00					
Bi	0,28	0,30	-0,02	-0,39	-0,30	-0,25	0,04	0,34	-0,02	0,09	-0,25	-0,18	0,29	-0,10	0,39	0,14	-0,05	0,24	0,24	0,31	0,26	-0,23	-0,33	-0,34	-0,30	-0,04	0,19	0,02	-0,00	0,65	0,53	1,00				
As	0,36	0,32	0,16	-0,07	-0,16	-0,17	-0,07	0,48	0,07	0,09	0,16	0,12	0,44	-0,16	0,36	0,32	0,34	0,23	0,37	0,42	0,41	0,09	0,20	0,02	-0,14	-0,25	0,23	0,35	0,10	0,65	0,71	0,57	1,00			
Au	-0,07	-0,08	-0,17	0,05	-0,16	0,04	-0,56	0,17	-0,21	0,14	0,07	0,01	0,17	-0,34	0,02	-0,07	0,11	-0,06	-0,00	0,08	0,33	-0,05	0,25	0,12	-0,05	0,13	0,11	0,27	0,10	0,21	0,62	0,22	0,50	1,00		

Из корреляционной матрицы (см. таблицу 9) мы видим, что для Ag устанавливается положительная корреляция с Sr, Ba, Th, Pb и в меньшей степени Mo, Cs, Zn, а для Au с Sb, в меньшей степени As, что может указывать на общую природу Au-Ag минерализации. Но наличие таких элементов в ассоциации с Ag как Pb, Sr, Ba, Th и других связано с более средне- или высокотемпературными эпигенетическими процессами, в то время как Au-Sb-(As) ассоциация с низкотемпературными, что косвенно указывает на Au-Ag-сульфидную и собственно золоторудную рудные формации.

Для выявления более тесных статистических связей проведен факторный анализ (таблица 10). Выделено 3 действующих фактора.

Таблица 10

	F 1	F 2	F 3
Si	0,86	-0,06	-0,07
Al	0,89	0,15	-0,23
Ti	0,55	0,66	-0,4
Mn	-0,24	0,64	-0,11
Mg	0,05	0,81	-0,44
Ca	-0,03	0,8	-0,04
Na	0,47	0,2	-0,75
K	0,95	-0,04	0,21
P	0,28	0,4	-0,6
Be	0,69	0,2	-0,14
V	0,3	0,89	-0,02
Cr	-0,003	0,66	0,22
Rb	0,91	-0,06	0,24
Sr	0,58	0,4	-0,4
Zr	0,88	0,09	-0,17
Nb	0,71	0,42	-0,17
Mo	0,52	-0,2	0,07

	F 1	F 2	F 3
Cs	0,62	-0,43	-0,09
Ba	0,87	0,07	0,09
Th	0,96	0,06	0,05
U	0,76	0,12	0,34
Co	0,24	0,89	-0,2
Ni	-0,01	0,88	0,27
Cu	0,14	0,83	0,04
Zn	0,39	0,78	-0,32
Cd	-0,07	0,45	-0,008
Pb	0,88	0,06	0,03
Hg	0,2	0,03	0,69
Ag	0,6	0,18	0,025
Sn	0,85	0,06	0,11
Sb	0,65	-0,12	0,65
Bi	0,38	-0,37	0,2
As	0,45	-0,02	0,54
Au	0,07	0,11	0,76

Действие фактора 1 определяется содержаниями Si-Al-K-Be-Rb-Zr-Nb-Cs-Ba-Th-U-Pb-Ag-Sn-Sb. Фактор 1 имеет наибольший вес и отражает процесс широко проявленной гидротермальной проработки пород растворами преимущественно кислого состава.

Вес второго фактора определяется содержаниями Ti-Mn-Mg-Ca-V-Cr-Co-Ni-Cu-Zn. Такая ассоциация элементов типична для основных и ультраосновных пород и, вероятно, отражает процесс базальтового вулканизма.

Третий фактор отражает процесс низкотемпературной гидротермальной переработки пород и определяется содержаниями Hg-Sb-Au-As. При этом отмечается, что для Au характерна сильная отрицательная корреляция с Na и P, в то время как для Ag она положительная, что указывает на то, что осаждение Au происходило при полном удалении этих элементов из раствора на самой последней стадии рудообразования.



Рис.22. График отображения факторных нагрузок (1 и 2 факторы)

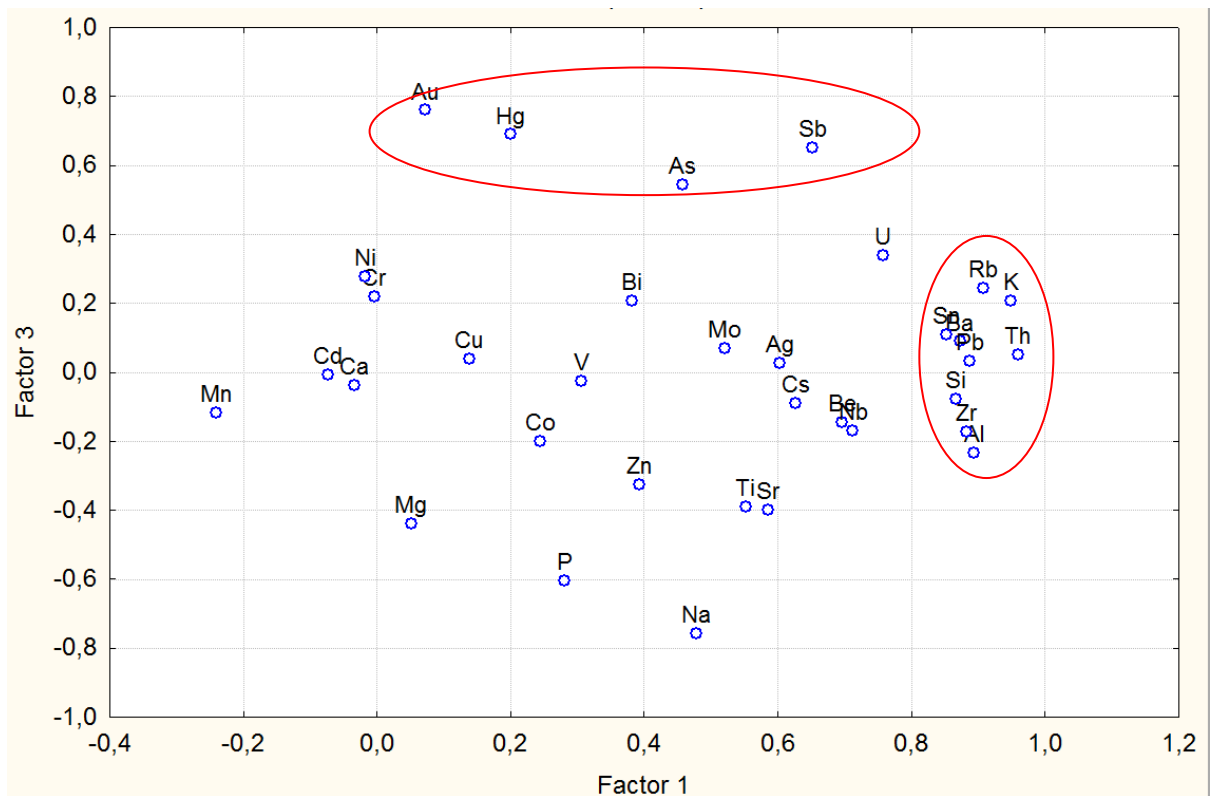


Рис.23. График отображения факторных нагрузок (1 и 3 факторы)

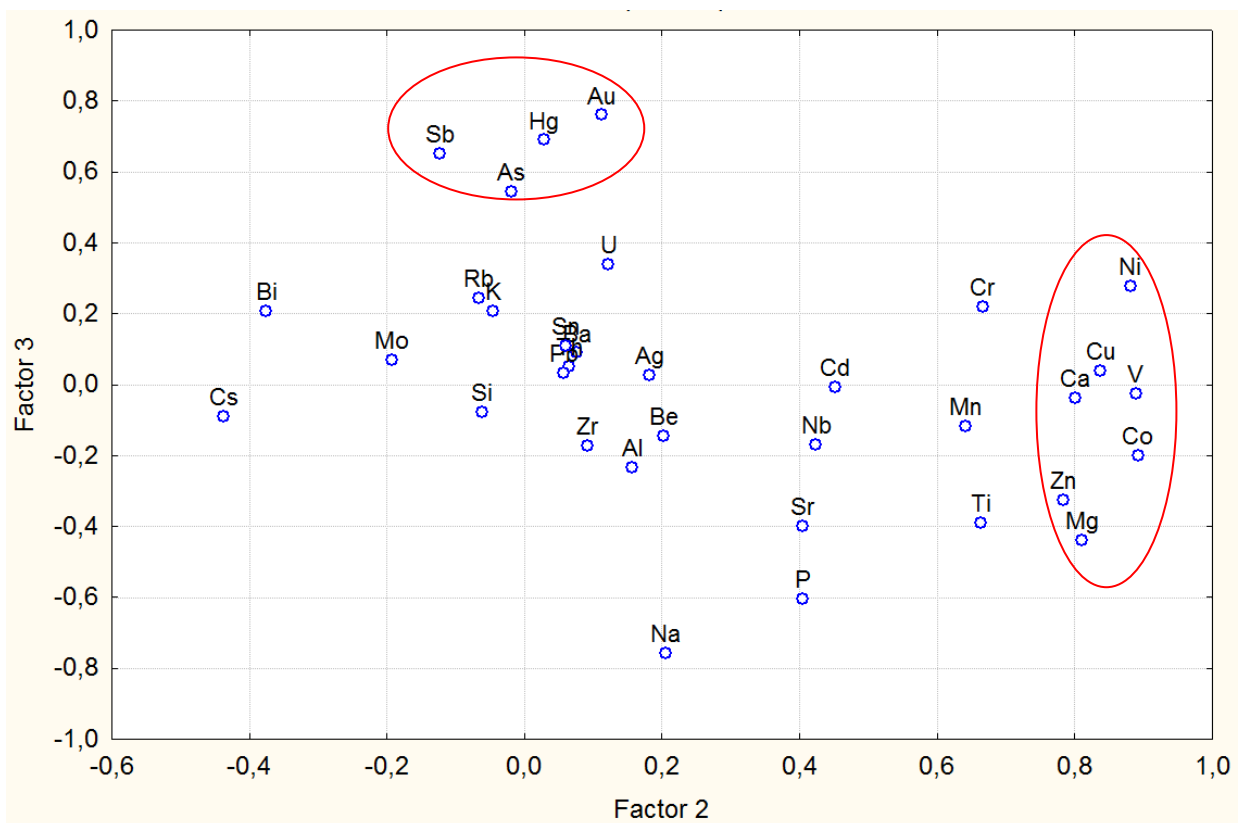


Рис.24. График отображения факторных нагрузок (2 и 3 факторы)

Наши выводы подкрепляются графиками отображения факторных нагрузок, по которым видно, что фактор 1 отражает 2 ассоциации элементов. Первая, Si-Al-K-Rb-Be-Nb-Cs-U-Th-Zr, может отражать процесс высокотемпературной гидротермальной

переработки пород растворами кислого состава и, вероятно, отражает процесс скарнирования пород. Вторая, Ba-Pb-Sn-Sb-Ag-As ассоциация элементов характерна для руд типа «куроко», что подтверждается минераграфическими исследованиями пород, где мы наблюдали обильную сульфидную минерализацию, широко проявленную в базальтах. Вероятнее всего, первый фактор отражает процесс рудообразования с образованием колчеданной рудной формации.

Действие фактора 2 определяется геохимической ассоциацией Mg-V-Co-Ni-Cu-Ca-Zn-Ti-Mn-Cr. Такая ассоциация элементов является типичной для пород основного состава и может отражать процесс базальтового вулканизма, который, вероятно, происходил после рудообразования, отраженного в факторе 1.

Вес 3 фактора определяется низкотемпературной гидротермальной ассоциацией Au-Sb-Hg. Более слабая корреляция устанавливается с As. Третий фактор, вероятно, отражает процесс рудообразования, происходивший вследствие базальтового вулканизма.

Характер действия всех трех факторов, вероятно, отражает процесс вулканизма и гидротермальной деятельности, происходившие на изучаемой территории в небольшой промежуток времени. Базальтовый вулканизм сменился андезитовым, затем риолитовым, в процессе которого базальты и андезиты подверглись воздействию кислыми растворами, что сопровождалось гидротермально-метасоматическими изменениями в породах и рудообразованием.

Выделенные ассоциации элементов отражают в целом специфику развития изучаемой территории и поэтому, для уточнения связи выделенных ассоциаций элементов с комплексами пород, был использован метод расчета коэффициентов концентраций элементов.

### **Определение геохимической специализации**

Для более детального уточнения геохимических особенностей вулканогенно-осадочных образований изучаемой территории проведено определение их геохимической специализации выделенных нами ранее геологических комплексов.

Определения геохимической специализации – расчет коэффициентов концентраций элементов. **Коэффициент концентрации (КК)** – показатель отношения абсолютного содержания, нормированного на кларк аналогичного петрохимического типа пород. Значения кларков элементов были взяты из «Требования к геохимической основе государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000» 2005 г.

Если показатель КК  $>1,5$  указывает на накопление, а если КК  $<0,5$ , то о дефиците элемента.

**Базальты**  
**Петрогенные элементы**

Таблица 11

Проба	Кк Si	Кк Al	Кк Ti	Кк Mn	Кк Ca	Кк Mg	Кк Na	Кк K	Кк P	Кк Fe <sub>общ</sub>
<i>Кларк (г/т)</i>	237 000	81 200	10 900	1440	71 000	40 800	19800	7730	1270	87 700
15005	0,72	0,69	1,56	0,96	1,95	0,56	1,25	0,86	2,30	0,35
15013/2	1,24	1,18	0,35	0,47	0,38	0,21	1,73	2,28	1,27	0,22
15013/5	1,13	1,03	0,32	0,37	0,31	0,13	1,56	2,4	2,3	0,65
15014/1	0,25	0,1	0,01	0,19	0,03	0,02	0,13	0,08	-	4,52
15014/2	0,88	1,51	0,3	2,3	0,88	1,05	2	0,5	1,52	1,97
15015	1,27	1,24	0,3	0,18	0,34	0,11	2,09	1,66	0,99	0,21
15016	1,16	1,16	0,46	0,16	0,53	0,55	1,58	1,84	0,86	0,41
15020/1	1	1,01	0,84	0,86	0,87	0,59	1,65	1,08	1,19	0,73

**Металлогенные элементы**

Таблица 12

Проба	Кк Bi	Кк Be	Кк Ba	Кк Th	Кк Cs	Кк U	Кк Pb	Кк Zr	Кк Sb	Кк Nb	Кк Mo	Кк As	Кк Cu	Кк Sn	Кк Sr	Кк Rb	Кк Zn	Кк Co	Кк Cd
<i>Кларк (г/т)</i>	0,05	0,4	290	1,8	1	0,6	6	150	0,35	7	1,3	2	90	2	460	50	84	30	0,18
15005	-	6	2,6	2,5	0,3	1,23	0,55	1,57	0,31	8,13	0,78	0,9	0,75	0,88	1,28	0,23	1,41	1,49	1,38
15013/2	2,8	8,42	1,73	3,74	3,84	2,6	2,53	1,52	0,77	0,99	0,99	-	0,02	0,61	1,03	1,03	1,02	0,24	0,77
15013/5	-	4,8	2,8	3,62	3,53	2,46	2,08	1,32	0,65	0,84	3,47	1,36	0,03	0,57	1,7	1,05	0,71	0,17	-
15014/1	-	-	0,03	-	0,7	-	-	0,11	-	-	0,61	-	-	-	0,02	-	0,12	0,02	-
15014/2	0,82	-	0,8	0,36	0,17	0,35	0,33	0,57	1,1	0,2	2,43	1,40	0,08	0,24	0,9	0,33	0,85	0,2	-
15015	181	5,5	1,87	4,17	1,98	2,81	2,58	1,66	1,65	1,03	1,24	1,3	0,02	2,05	1,01	0,62	0,55	0,11	0,61
15016	-	5,9	1,7	3,81	1,05	2,11	2,76	1,04	0,6	0,72	1,17	1,06	0,29	0,71	1,09	0,8	0,87	0,72	0,72
15020/1	-	6,27	1	1,05	1,9	0,96	2,18	0,8	2,88	0,6	1,46	2,3	2,17	0,57	0,49	0,3	1,2	0,85	-

Окончание таблицы 12

Проба	Кк Ag	Кк V	Кк Au	Кк Ni	Кк Hg	Кк Cr
<i>Кларк (г/т)</i>	<i>0,1</i>	<i>300</i>	<i>0,004</i>	<i>80</i>	<i>0,03</i>	<i>230</i>
15005	0,15	0,75	-	0,57	0,36	0,02
15013/2	0,62	0,08	0,5	-	-	0,01
15014/1	-	-	-	-	-	0,01
15014/2	0,27	0,73	0,05	-	0,12	0,53
15015	0,46	0,05	-	-	-	0,02
15016	0,97	0,4	-	0,75	-	0,72
15020/1	0,97	0,4	-	0,75	-	0,72

Примечание:

**КК>1,5** – накопление элемента

**КК<0,5** – дефицит элемента

Красным цветом выделены элементы,  
коэффициент концентрации которых больше 1,5

Ряд накопления:

Петрогенных элементов

Mg-Mn-Ti-Si-Al-Fe-P-K-Na

Металлогенные элементы

Hg-Au-Cr-V-Cd-Co-Ag-Rb-Zn-Cu-Sr-Sn-As-Nb-Mo-Sb-Zr-Pb-U-Cs-Th-Ba-Be-Bi



### *Петрогенные элементы*

Для большинства образцов характерным является повышенные концентрации Na, K и P, Fe (15014/2). Это может указывать на проявление кислотного метасоматоза, проявленного в калишпатизации пород [В.Л. Барсукова и др., 1981], а высокое содержание Fe связано с присутствием в породе обильной сульфидной минерализации – пирита и марказита.

Единичный образец (15005) представлен базальтами из карбонатно-кремнисто-терригенного комплекса раннемелового возраста и характеризуется накоплением несколько другого набора элементов: Ti, Ca, P. Повышенные содержания Ti связаны с присутствием в породе титан-авгита. Накопление Ca и P связано с развитием в породах жил и прожилков, выполненных кальцитом.

Дефицитными элементами в образцах являются Ti, Ca, Mg (за исключением 15014/2), Fe. Дефицит Ti, Ca, Mg вызвано разрушением первичных минералов – ильменита и кальциевого плагиоклаза анортита. В породе с большим количеством железосодержащих минералов (пирит, марказит, ильменит) дефицит Fe во всех образцах вероятно связан с тем, что петрографическому и химическому анализу подверглись разные срезы породы, поэтому в пробе могла оказаться малосульфидная часть образца.

### *Металлогенные элементы*

В базальтах комплексов отмечаются повышенные содержания Be, Ba, Th, U, Cs, Pb, Mo, Zr реже встречается Sb. Такой набор элементов характеризует несколько стадий гидротермальной проработки пород: первичная высокотемпературная ассоциация Be, Pb, Mo, сменяется среднетемпературной Th, U, Cs и завершается формированием низкотемпературной ассоциации Ba, Sb. Небольшая распространенность низкотемпературной ассоциации может указывать на определенный уровень эрозионного среза, либо гидротермальную проработку пород высокотемпературными растворами.

Стоит отметить, что в образце 15005 (раннемеловой карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс) помимо вышеуказанных элементов содержит высокие содержания Nb.

Дефицитными элементами в базальтах являются Cr, Hg, Ni, V, а в образцах 15014/1 и 15014/2 почти все элементы находятся в выносе вследствие обильной сульфидизации пород.



**Риолиты**  
**Петрогенные элементы**

Таблица 13

Шифр пробы	Кк Si	Кк Al	Кк Ti	Кк Mn	Кк Mg	Кк Ca	Кк Na	Кк K	Кк P	Кк Fe <sub>общ</sub>
<i>Кларк</i>	328 000	78 100	2000	540	6630	16 400	27 500	32 300	870	26 100
1/1	0,98	1,01	1,17	0,73	1,0	1,08	0,75	0,86	0,32	0,73
1/2	0,25	0,43	0,42	0,53	0,22	17,3	0,05	0,46	-	0,33
1/3	0,99	1,12	1,14	0,45	0,24	0,45	0,18	1,24	0,31	0,61
15022сах/1	1,07	0,96	0,57	0,91	0,2	0,2	0,12	0,68	-	0,6

**Металлогенные элементы**

Таблица 14

Шифр пробы	Кк Sb	Кк As	Кк Mo	Кк Bi	Кк Ag	Кк Sn	Кк Au	Кк Ba	Кк Hg	Кк Zr	Кк Zn	Кк Pb	Кк Cd	Кк U	Кк Sr	Кк Cs	Кк Cr	Кк Ni	Кк Be
<i>Кларк</i>	0,3	1,6	1,5	0,66	0,04	5	0,002	700	0,07	200	58	20	0,17	4,5	270	5	14	8	3,5
1/1	2,96	1,90	1,45	0,2	1,55	0,38	-	1,18	0,65	1,02	0,76	0,55	0,59	0,6	0,55	0,43	0,36	0,24	0,48
1/2	2,03	0,62	1,1	0,15	1,3	0,11	1,4	0,42	0,35	0,74	0,93	0,67	0,88	0,7	0,96	0,33	0,32	0,55	0,44
1/3	20,1	405	1,62	12,3	0,67	1,52	1	0,99	0,28	1,12	0,37	0,47	0,58	0,6	0,18	0,48	0,65	0,82	0,43
15022/1	4,66	2,25	3,00		1,02	0,36	1,45	1,08	0,25	0,66	0,77	1,01	0,64	0,86	0,44	0,9	0,23	0,24	0,59

Окончание таблицы 14

Шифр пробы	Кк V	Кк Rb	Кк Th	Кк Co	Кк Nb	Кк Cu
<i>Кларк</i>	70	210	21	10	20	25
1/1	0,61	0,55	0,45	0,44	0,31	0,52
1/2	0,35	0,21	0,16	0,2	0,1	0,22
1/3	0,53	0,68	0,49	0,45	0,34	0,13
15022сах/1	0,25	0,40	0,57	0,23	0,3	0,18

Примечание:

**КК>1,5** – накопление элемента

**КК<0,5** – дефицит элемента

Красным цветом выделены элементы, коэффициент концентрации которых больше 1,5

### *Петрогенные элементы*

Как видно из таблицы 9, для большинства проб характерно содержание петрогенных элементов на уровне их кларков. Единичная проба (1/2) характеризуется высокими содержаниями Са, что с развитием в породах процесса карбонатизации, выраженного в замещении первичных минералов и заполнением жил и трещин в породе кальцитом.

Для риолитов отмечается сильный дефицит фосфора, несмотря на присутствие в образцах апатита.

### *Металлогенные элементы*

Для риолитов можно выделить следующую ассоциацию элементов, характеризующиеся высокими содержаниями: Sb, As, Mo, Bi, Sn, Ag, Au. При этом отчетливо выделяется две ассоциации элементов: высокотемпературная Mo-Bi-Sn и низкотемпературная Sb-As. Au и Ag могут формироваться в широком диапазоне температур, но в данном случае эти элементы лучше коррелируют с низкотемпературными элементами.

Единично (1/3) отмечаются ураганные содержания Sb и As. В риолитах проявлены следы пелитизации, а Sb и As в данной пробе коррелирует с Al и K, что может указывать на аккумуляцию мышьяка и сурьмы глинистыми минералами при разрушении сульфидов.

Для таких элементов как Cu, Ni, Cr, Nb, Co, Th, U, V, Be, Rb, Cs отмечаются содержания ниже уровня накопления, что говорит о выносе этих элементов из пород, вероятно, вследствие разрушения первичных минералов при окислении и выветривании пород.

Ряды накопления:

Петрогенные элементы:

P-Fe-Mg-Mn-Na-K-Si-Al-Ti-Ca

Металлогенные элементы

Cu-Nb-Co-Th-Hg-Pb-V-Be-Cr-Cs-Cd-U-Sr-Zn-Pb-ZrBa-Bi-Au-Sn-Ag-Mo-As-Sb



**Туфы и туфопесчаники**

**Петрогенные элементы**

Таблица 15

Проба	Кк Si	Кк Al	Кк Ti	Кк Mn	Кк Ca	Кк Mg	Кк Na	Кк K	Кк P	Кк Fe <sub>общ</sub>
Кларк	347 000	5000	400	5000	26 700	7 300	9 200	13 200	400	50000
15018	0,37	1,88	7,43	6,97	5,27	1,85	1,38	0,33	1,74	0,6
15019	1,35	2,46	0,73	0,7	1,07	0,97	1,7	0,93	-	0,43
15022/2	1,45	1,91	0,28	0,38	0,57	0,23	1,2	1,4	-	0,62

**Металлогенные элементы**

Таблица 16

Проба	Кк Bi	Кк Be	Кк Ba	Кк Th	Кк Cs	Кк U	Кк Pb	Кк Zr	Кк Sb	Кк Nb	Кк Mo	Кк As	Кк Cu	Кк Sn	Кк Sr	Кк Rb	Кк Zn	Кк Co	Кк Cd
Кларк	0,17	2	300	10,4	9	2,9	13	200	0,2	18	1,3	1,2	25	2,3	250	68	40	9	0,1
15018	-	-	0,42	0,1	0,04	0,38	0,37	0,3	0,95	0,15	1,41	2,5	0,68	-	0,98	0,15	1,68	1,49	1,1
15019	-	0,84	0,42	0,19	0,22	0,14	-	0,34	2,2	0,16	0,72	-	2,55	-	0,12	0,76	1,01	0,93	-
15022/2	-	0,74	20,8	0,56	0,46	0,57	0,83	0,51	3,2	0,22	1,54	4,95	0,36	0,5	4,8	0,82	0,92	0,31	-

Окончание таблицы 16

Проба	Кк Ag	Кк V	Кк Au	Кк Ni	Кк Hg	Кк Cr
Кларк	0,1	30	0,003	9	0,03	35
15018	0,29	4,9	-	0,27	0,19	0,77
15019	0,32	3,66	-	0,38	-	0,66
15022/2	2,6	0,98	-	0,18	1,46	0,53

Примечание:

**КК>1,5** – накопление элемента

**КК<0,5** – дефицит элемента

Красным цветом выделены элементы, коэффициент концентрации которых больше 1,5

### *Петрогенные элементы*

Туфы и туфопесчаники характеризуются повышенными содержаниями Al за счет содержания большого количества литокласт представленных полевыми шпатами.

В образце 15018 отмечаются содержания Ti, Mn, Ca, Mg, P. Высокие содержания Ti и Mg в образце связаны с присутствием среди литокласт обломков базальтов, чего нет в других образцах. Накопление Ca и P обусловлено цементацией обломков карбонатным цементом. Наличие в образцах следов окисления обусловило повышенные содержания марганца в породах.

Для туфов отмечается дефицит P и Fe.

### *Металлогенные элементы*

Для туфов характерной является Sb-As ассоциация элементов, однако, для образца 15022/2 характерно накопление помимо вышеуказанных элементов также Ba, Mo, Sr, Ag, Hg. Большинство из этих элементов относятся к низкотемпературным и только Mo к высокотемпературным элементам, дефицит других высоко- и среднетемпературных элементов как Sn, Bi, Th, U указываются на преимущественно низкотемпературную гидротермальную переработку с замещением более высокотемпературных ассоциаций элементов [Е.В. Плющев, В.В. Шатов, 1985].

Ряды накопления

Петрогенные элементы

P-Fe-K-Si-Mg-Ti-Na-Ca-Al

Металлогенные элементы

Bi-Au-Sn-Ni-Nb-U-Cs-Th-Pb-Cr-Rb-Be-Co-Hg-Zn-Mo-Ag-Sr-Cu-As-V-Sb-Ba



**Гравелиты**  
**Петрогенные элементы**

Таблицы 17

Проба	Кк Si	Кк Al	Кк Ti	Кк Mn	Кк Ca	Кк Mg	Кк Na	Кк K	Кк P	Кк Fe <sub>общ</sub>
<i>Кларк</i>	347 000	29 000	5000	400	26 700	7300	9200	13200	400	50 000
15004	1,01	2,04	0,44	1,33	1,02	0,28	2,24	1,77	0,78	0,73
<i>Кларк</i>	273 000	81 200	10 900	1440	71 000	40 800	19 800	7730	1270	87 700
15014/2	0,88	1,51	0,3	2,3	0,88	1,05	2	0,5	1,52	1,97
15020/2	0,7	0,7	0,57	0,1	1,75	0,45	0,7	1,12	0,96	0,67

**Металлогенные элементы**

Таблицы 18

Проба	Кк Bi	Кк Be	Кк Ba	Кк Th	Кк Cs	Кк U	Кк Pb	Кк Zr	Кк Sb	Кк Nb	Кк Mo	Кк As	Кк Cu	Кк Sn	Кк Sr	Кк Rb	Кк Zn	Кк Co	Кк Cd
<i>Кларк</i>	0,17	2	300	10,4	9	2,9	13	200	0,2	18	1,3	1,2	25	2,3	250	68	40	9	0,1
15004	-	0,86	2,84	0,85	0,17	0,65	1,38	0,62	4,45	0,48	3,05	4,6	0,17	0,35	0,93	1,11	1,12	0,65	-
<i>Кларк</i>	0,05	0,4	290	1,8	1	0,6	6	150	0,35	7	1,3	2	90	2	460	50	84	30	0,18
15014/2	0,82	-	0,8	0,36	0,17	0,35	0,33	0,57	1,1	0,2	2,43	1,40	0,08	0,24	0,9	0,33	0,85	0,2	-
15020/2	-	3,3	0,75	1,9	1,78	2,16	1,21	0,81	0,77	0,87	2,03	1,98	0,21	0,15	0,61	0,65	0,96	0,6	-

Окончание таблицы 18

Проба	Кк Ag	Кк V	Кк Au	Кк Ni	Кк Hg	Кк Cr
<i>Кларк</i>	0,1	30	0,003	35	0,03	35
15004	0,44	1,13	-	0,05	6,66	0,12
<i>Кларк</i>	0,1	300	0,004	80	0,03	230
15014/2	0,53	0,27	0,73	0,05	-	0,12
15020/2	0,4	0,65	-	0,33	0,18	0,28

Примечание:  
**КК>1,5** – накопление элемента  
**КК<0,5** – дефицит элемента  
 Красным цветом выделены элементы,  
 коэффициент концентрации которых больше 1,5

### *Петрогенные элементы*

В группе гравелитов присутствуют образцы разных комплексов, отличающиеся вещественным составом, поэтому кларки нормирования отличаются в зависимости от состава пород. Так, гравелиты раннемелового карбонатно-кремнисто-вулканогенного комплекса характеризуются как полимиктовые, поэтому разный состав обломков и следы гипергенных процессов обусловил повышенные содержания Al, Na, K. Гравелиты палеоген-неогенового вулканогенно-терригенного комплекса преимущественного основного состава, и характеризуются накоплением Mn, Ca, P, Na и Fe (15014/2). Повышенные содержания этих элементов обусловлены проявлением гидротермальных и гипергенных процессов: Mn в следствие окисления первичных минералов (ильменит, рутил), Ca, P – карбонатный цемент в породах, Na за счет образования натриевых полевых шпатов, а Fe присутствует в большом количестве в сульфидах – пирит, марказит.

Отмечается общая тенденция для гравелитов к выносу из пород Ti, в меньшей степени Mg, в следствие разрушения литокласт базальтов.

### *Металлогенные элементы*

Общим для гравелитов всех комплексов является Mo-As геохимическая ассоциация. Однако, существуют некоторые различия в накоплении элементов в зависимости от возраста. Гравелиты раннемеловые (15004) специализированны на Ba, Sb, Mo, As, Hg, что указывает на гидротермальную низкотемпературную проработку пород. Палеоген-неогеновые гравелиты характеризуются более высокотемпературной ассоциацией элементов как Be, Th, U, Cs, Mo, As. В образце 15014/2 только Mo характеризуется повышенными содержаниями, остальные элементы находятся в выносе, что вероятнее всего связано с обильной сульфидизацией породы.

Ряд накопления:

Петрогенные элементы:

Ti-Mg-Si-Fe-P-Mn-K-Ca-Al-Na

Металлогенные элементы

Cd-Cu-Ag-Ni-Sn-Bi-Au-Cr-Co-Zr-V-Co-Zn-Pb-Sr-Rb-Cs-Th-U-Be-Hg-As-Mo





Дополнительно в данной работе проведены лабораторно-аналитические исследования метасоматических горных пород, на ограниченный круг элементов, преимущественно золото и его элементы-спутники.

Всего проанализировано 74 пробы. Пробы характеризуют метасоматические горные породы гидровулканического раннеогенового комплекса, вулканогенно-терригенного комплекса палеоген-неогенового возраста, вулканогенно-терригенного комплекса мел-палеогенового комплекса и карбонатно-кремнисто-вулканогенного раннемелового комплекса.

Метасоматические горные породы гидровулканического комплекса представлены вторичными кварцитами (рис.27) и кварц-халцедоновыми гидротермалитами. Вулканогенно-терригенный комплекс палеоген-неогенового возраста характеризуется преимущественно сильно карбонатизированными породами с сульфидной минерализацией. Вулканогенно-терригенный комплекс мел-палеогеновый представлен кварц-халцедоновыми гидротермалитами с обильной сульфидизацией (халькопирит, арсенопирит) (рис.25). Для пород карбонатно-кремнисто-вулканогенного комплекса характерны пропилиты с жилами вторичных кварцитов (рис.26).



Рис.25. Кварц-карбонатный метасоматит с арсенопиритом (вулканогенно-терригенный комплекс К<sub>2</sub>-Р<sub>1</sub>)



Рис.26. Вторичный кварцит с сульфидной минерализацией (карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс К<sub>1-2</sub>)



Рис.28. Вторичные кварциты с сульфидной минерализацией из зоны дробления (гидровулканический комплекс N<sub>1-2</sub>)

Для метасоматических пород комплекса проводился подсчет кларка концентрации (Кк), по аналогии для неизмененных пород комплексов, для определения их геохимической специализации.

Гидровулканический комплекс. Из 19 из 20 проб характеризуются повышенными содержаниями Au, при этом, отмечается, что типичные элементы-спутники (Cu, Mo, Bi) характеризуются низкими содержаниями, что может указывать на собственно золоторудную минерализацию комплекса связанную с минерализованными зонами дробления кварц-халцедоновыми жилами.

Для вулканогенно-терригенного комплекса (P<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>) характерно активное накопление Au. Кларки концентраций характеризуются высокими значениями (до 15), что указывает на высокую перспективу пород комплекса на золотое оруденение.

Все пробы метасоматических пород вулканогенно-терригенного комплекса (K<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>) характеризуются повышенными содержаниями Au.

Вторичные кварциты и пропилиты раннемелового карбонатно-кремнисто-вулканогенного комплекса по результатам анализа оказались также потенциально золотonosными.

Для всех метасоматических пород изучаемых комплексов характерна повышенная их золотonosность. При этом содержания Au достигали значений превышающие кларковые в 28 раз. Учитывая временной интервал – K<sub>1</sub>-N<sub>2</sub> можно предположить о регионально проявленной гидротермальной проработке пород в миоцен-плиоцене.

По результатам петрографических исследований пород (гл.5), нами было установлено, что для всех геологических образований характерно присутствие в породах в разной степени проявленной сульфидной минерализации. Поэтому, для всех проб был рассчитан коэффициент сульфидности (SS) – коэффициент, представляющий собой сумму содержаний сульфидообразующих элементов Pb, Zn, Mo, Bi, Cu, As, Sb. По этому коэффициенту выделяются убогосульфидные (сульфидов менее 1%), малосульфидные (1-5%) и умеренносульфидные (более 15-20%) руды (С.В. Соколов, 1998).

Для тех проб, где установлены содержания золота и серебра, посчитан коэффициент Au/Ag, что позволило нам провести дифференциацию проявлений на графике с координатам Au/Ag – SS (рис.29). Дифференциация выражается в разделении проявлений на три группы: малоглубинные, среднеглубинные и глубинные и в зависимости от содержания сульфидов. (С.В. Соколов, 1998)

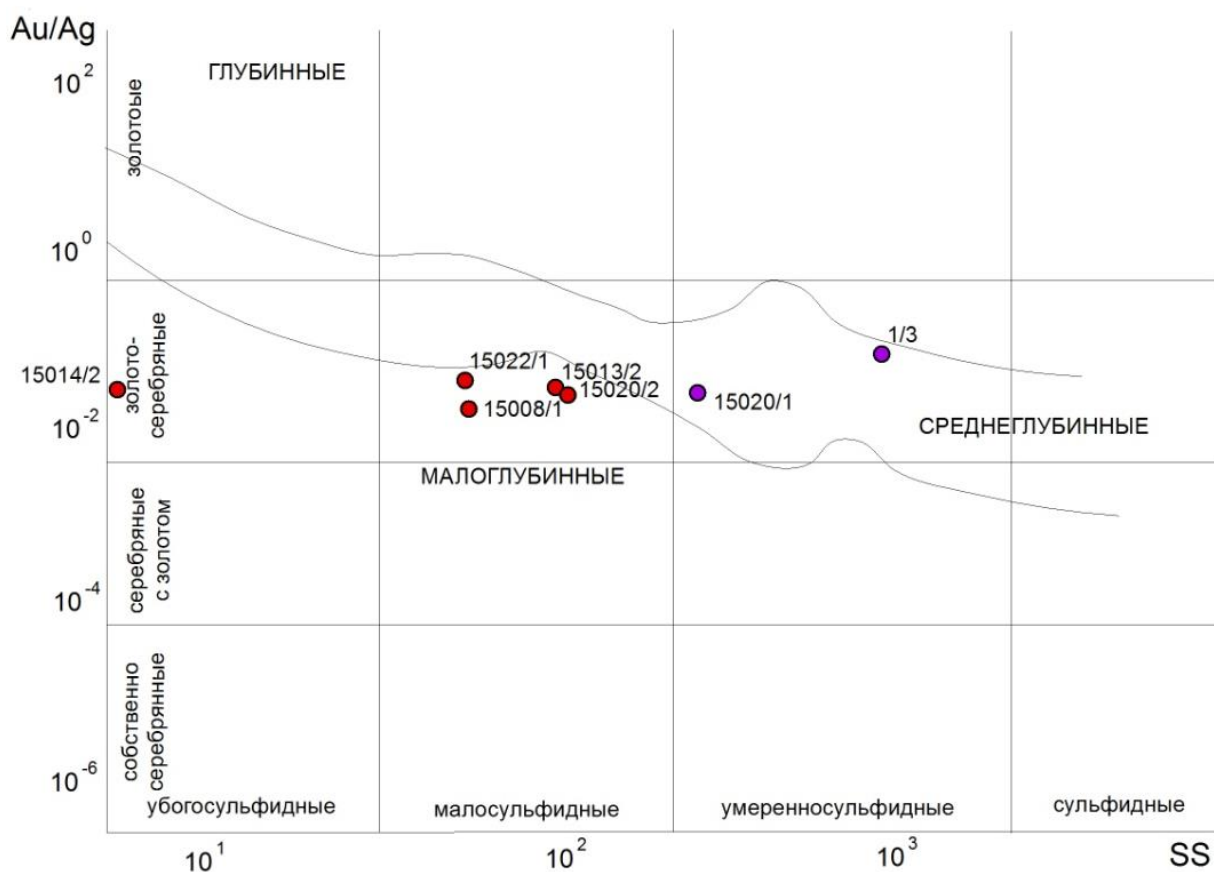


Рис.29. Распределение золото-, серебросодержащих проявлений в геохимических координатах (красным цветом отмечены точки, попадающие в поле малоглубинных образований, фиолетовым – среднеглубинных)

В нижней части диаграммы зона близповерхностных проявлений, в основном связанные с вулканогенными образованиями. Они характеризуются повышенной сереброносностью и широким диапазоном сульфидности руд. В верхней части диаграммы зона плутоногенных комплексов, сформировавшихся в условиях больших глубин, и характеризуются повышенной золотоносностью. В средней части рисунка выделяется полоса, в которой находятся объекты привулканической зоны вулканогенных поясов, а также приурочены к субвулканическим интрузиям. Здесь расположены проявления неясного генезиса и относятся к среднеглубинным. (С.В. Соколов, 1998)

Точки, отображаемые на рис. 29 определяют образования вулканогенно-терригенного комплекса (P<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>). Как видно из рисунка, большинство штучных проб характеризуется малоглубинными условиями образования и характеризуются золото-серебряной минерализацией. По коэффициенту сульфидности (SS) руды характеризуются в основном как малосульфидные, реже убого- и умеренносульфидные.

Проанализировав петрографические, минераграфические и геохимические данные по вулканогенно-осадочным образованиям юга острова Сахалин, мы можем выделить следующие их особенности:

1. Около 50% территории занимает вулканогенно-терригенный комплекс кайнозойского возраста, представленный преимущественно песчаниками, туфами андезитов, туффитами, туфопесчаниками, дайками и штоками андезитов, базальтов, риодацитов и риолитов.

2. Карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс представлен полимиктовыми гравелитами, клинопироксеновыми базальтами. Для всех пород характерно наличие как слабопроявленных объемных метасоматитов, так и жильных проявлений, представленных кальцитовыми жилами, прожилками, в тесной ассоциации с которыми находится неравномерно-рассеянная вкрапленность пирита.

В породах комплекса выделяются две геохимические ассоциации элементов: редкометалльная высокотемпературная Be-Ba-Th-Zr-Nb связанная с измененными базальтами и низкотемпературная Ba-As-Sb-Hg-Mo в гравелитах комплекса.

3. Образования вулканогенно-терригенного возраста представлены риолитами, базальтами, гравелитами, кристалловитролитокластическими и кристаллокластическими туфами и туфопесчаниками.

Вторичная минерализация представлена интенсивной карбонатизацией пород, кварц-хлорит-халцедоновыми жилами и прожилками, в меньшей степени породы подвержены процессам пелитизации и опацизации.

Рудная минерализация представлена преимущественно рассеянной вкрапленностью пирита, марказитом и их сростаниями, в меньшей степени арсенопиритом и апатитом.

Риолиты комплекса специализированы на Sn-Mo-Bi и Au-Ag-Sb-As минерализации. Геохимическая специализация базальтов определяется как Mo-Pb-Be, U-Cs-Th и Sb-Ba и связана с наложенными гидротермальными процессами. Туфы и туфопесчаники характеризуются накоплением Mo-Ag-Hg-Sb-As-Ba геохимической ассоциации элементов, а гравелиты As-Th-Cs-U-Be-Mo.

4. Все объекты вулканогенно-терригенного комплекса сформированы в малоглубинных условиях, характеризуются малосульфидными рудами и золото-серебряной минерализацией.

5. Все метасоматические породы комплексов (гидровулканический, вулканогенно-терригенный, карбонатно-кремнисто-вулканогенный) характеризуются Au-содержащей минерализацией.



Обобщенная характеристика геологических комплексов

Характеристика	Карбонатно-кремнисто-вулканогенный комплекс	Вулканогенно-терригенный комплекс
Породы	Клинопироксеновые базальты, полимиктовые гравелиты	Риолиты, базальты минедалекаменные, гравелиты, кристалловитролитокластические и кристаллокластические туфы и туфопесчаники
Вторичные изменения	Кальцитовые жилы	Интенсивная карбонатизация пород, кварц-хлорит-халцедоновые жилы и прожилки, в меньшей степени породы подвержены процессам пелитизации и опацизации
Рудная минерализация	Пирит	Пирит, марказит, арсенопирит, апатит
Геохимическая специализация	Базальты <u>Zr-Ba-Th-Be-Nb</u> Гравелиты <u>Ba-Sb-Mo-As-Hg</u>	Базальты: 1) <u>Mo-Pb-Be</u> ; 2) <u>U-Cs-Th</u> ; 3) <u>Sb-Ba</u> Риолиты: 1) <u>Sn-Mo-Bi</u> ; 2) <u>Au-Ag-Sb-As</u> Туфы: <u>Mo-Ag-Hg-Sb-As-Ba</u> Гравелиты: <u>As-Th-Cs-U-Be-Mo</u>



## 7. Поисковые критерии благороднометалльной минерализации юга о. Сахалин

Определенная совокупность геологических данных может указывать на *возможность* обнаружения на территории месторождений и проявлений полезных ископаемых. Особенности геологического строения, на основе которых оцениваются перспективы изучаемой территории делятся на две группы: геологические предпосылки (критерии) поисков и поисковые признаки. Геологические критерии определяют возможность обнаружения залежей полезных ископаемых. Существуют формационные [В.Г. Хомич, 1985], геохимические, структурные, стратиграфические, литолого-фациальные, и другие предпосылки.

### *Структурные предпосылки*

Месторождения полезных ископаемых характеризуются закономерной структурной приуроченностью, проявляющейся на различных уровнях. Одним из критериев данной группы являются складчатые области, как региональный поисковый признак. Для поисков руд в таких областях перспективны интрузии и особенно их контакты с вмещающими породами и пересечения с разломами. Южная часть Сахалина входит в состав Хоккайдо-Сахалинской складчатой системы. На территории слабо выражен интрузивный магматизм, но разрывные нарушения здесь играют очень важную роль. Преимущественным распространением пользуются разрывные нарушения субмеридионального, северо-западного простирания, в меньшей степени северо-восточного [Государственная геологическая карта..., 2001]. Зоны пересечения и сочленения разломов различной кинематики являются одним из критериев при металлогенической оценке территории в региональном масштабе.

### *Литолого-фациальные предпосылки*

Около 50% территории юга о. Сахалин занимают вулканогенно-осадочные образования кайнозойского возраста. Большинство ранее установленных благороднометалльных объектов пространственно тяготеют к выходам пород вулканогенно-осадочных и вулканогенных комплексов неогенового возраста. По проведенным ранее геохимическим исследованиям (глава 5), образования вулканогенно-терригенного комплекса палеоген-неогенового возраста характеризуются геохимической специализацией на золото, серебро и их элементы спутники.

### *Формационные предпосылки*

Существуют закономерные связи между полезными ископаемыми и геологическими формациями. Это и есть формационные предпосылки. Установлено, что с определенными формациями связаны определенные виды полезных ископаемых.

Если рассматривать территорию Сахалина, то известно, что на данной территории широко распространены вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования. С вулканогенной формацией, как правило, связывают месторождения колчеданной рудной формации, группы золото-серебряных рудных формаций, оловорудных формаций и т.д. Месторождения благородных металлов часто приурочены к плутоногенным формациям, например габбро-диорит-плагиогранитовая, диорит-плагиогранитовая, монцонит-сиенитовая [М.М. Константинов, 1984]. Следовательно, развитые на изучаемой территории андезитовые, трахиандезитовые, риодацит-риолитовые геологические формации, являются одним из критериев золотоносности территории.

По литературным данным произведена обобщающая характеристика благороднометалльных объектов южного Сахалина. Таблица приведена в главе 2, пункт 2.5. При составлении обобщающей таблицы произведено уточнение рудных формаций объектов (по материалам Металлогенического кодекса России 2012г; В.Г. Моисеенко и др., 1996; Н.В. Петровская и др., 1976).

Благороднометалльные объекты представлены несколькими формациями: золото-колчеданной, связанной с базальтами и туфами; золоторудной кварцевой в метасоматических породах по базальтам и гиалокластитам; золоторудно-сульфидно-кварцевой, связанной с трахиандезитами, андезитами и базальтами. Для серебросодержащих объектов устанавливается золото-серебряная вулканогенная жильная формация в андезитах и базальтах.

Для большинства объектов гидротермальные изменения представлены кальцитовыми, кварц-карбонатными, кварц-халцедоновыми жилами, реже пропилитами и вторичными кварцитами. Самородное золото нами не выявлено, но в штучных пробах содержания приурочены к образцам с сульфидизацией (пирите, арсенопирите). Данный факт является важным минералогическим критериями при поиске новых объектов.

#### *Геохимические предпосылки*

Геохимические предпосылки основаны на геохимической специализации геологических формаций. Потоки и ореолы минералов и химических элементов-спутников главных полезных компонентов являются важными предпосылками при поисках многих металлов. Например, для золота - пирит, халькопирит, галенит, сфалерит. Элементами-спутниками золота и серебра являются такие элементы как As, Bi, Sb, Mo, Sn, Ni, Pb, поэтому совокупность этих признаков указывает на возможность обнаружения рудных объектов благородных металлов [В.Г. Моисеенко, 1977].

По совокупности поисковых предпосылок и поисковых признаков осуществляется прогнозирование и оконтуривание перспективных площадей с оценкой прогнозных ресурсов полезных ископаемых.

Основные поисковые признаки благороднометалльной минерализации на юге острова Сахалин:

Таблица 20

Прогнозно-поисковые критерии	Характеристика
Литолого-фациальный	Вулканогенно-осадочные, вулканогенные образования Р-N возраста
Формационный	Андезитовая, трахиандезитовая, риодацит-риолитовая геологические формации
Формационный	Золоторудная кварцевая, золоторудная сульфидная рудные формации
Минералогический	Наличие гидротермальных изменений в породах: пропилитизация, развитие вторичных кварцитов, кварц-карбонатные и кварц-халцедоновые жилы. Прослой и линзы органического вещества
Минераграфический	Сульфидизация пород. Присутствие в породах больших скоплений пирита, арсенопирита
Геохимический	Повышенные содержания профильных элементов (Au, Ag) и/или их элементов спутников: As, Hg, Sb, Bi, Sn, Mo, U

Стоит отметить, что для данной территории поисковых критериев можно выделить больше, однако, так как целевым назначением работы является изучение вулканогенно-осадочных образований, то выделение критериев производилось применительно к данному комплексу пород.

## 8. Районирование территории юга о. Сахалин на благороднометалльную минерализацию

Учитывая выделенные нами ранее поисковые критерии (см. таблицу 20) для изучаемой территории, проведено районирование, с выделением перспективных участков в отношении благороднометалльной минерализации.

Районирование проводилось с помощью программного продукта ArcGIS ArcMap версии 10.2.2.

Всего выделено 7 перспективных районов:

*1. Монеронский.* Данный район выделен по многочисленным точечным аномалиям, пункту минерализации и шлиховым ореолам Au. Аномалии тяготеют к полям развития раннеэоценового гидровулканического комплекса, представленного монеронским комплексом (гиалокластиты, гидроэксплозивные туфы, базальты). Породы интенсивно гидротермально переработаны, с образованием минерализованных зон дробления с кварц-халцедоновыми жилами и жилами вторичных кварцитов (рис.28).

*2. Южно-Крильонский.* Район выделен в пределах вулканогенно-терригенного комплекса, представленного здесь развитием Анивского комплекса. Ранее установленные полиметаллические золото и серебросодержащие пункты минерализации, а также многочисленные точечные аномалии Au и Ag пространственно тяготеют к областям развития субвулканических образований анивского комплекса: андезибазальты, трахибазальты, базальты. Вторичная минерализация представлена интенсивной сульфидизацией пород, представленной пиритом, марказитом, арсенопиритом. Для пород характерно развитие карбонатных и кварц-карбонатных жил с Be-Th-U-Cs-Pb-Ba-Mo геохимической специализацией.

*3. Горнозаводский.* Район выделен в пределах вулканогенно-терригенного комплекса. Выделен по точкам с высоким содержанием Au и Ag, пространственно тяготеющих к выходам пород невельской и аракайской свит. Образования свит представлены туфами, туфопесчаниками, туффитами, туфоалевролитами.

*4. Анивский район* выделен в поле развития холмской и аракайской свит, входящих в состав вулканогенно-терригенного комплекса, по точкам с высоким содержанием Ag, единично Au.

*5. Холмский район* выделен в пределах вулканогенно-терригенного комплекса и представлен здесь образованиями холмской, аракайской и невельской свит, к выходам которых пространственно тяготеют точечные аномалии Au и Ag и их элементов-спутников.

6. *Чеховский район* выделен по 2 рудопроявлениям и единичным точечным аномалиям Au и сопутствующих элементов-спутников, пространственно тяготеющие к выходам гидротермально измененных пород невеличской свиты.

7. *Взморьевский район* приурочен к вулканогенно-терригенному комплексу, представленный здесь субвулканическими образованиями анивского комплекса. Субвулканические образования представлены риолитами, риодацитами и дациандезитами для которых характерны пирит-кварц-карбонатные жилы. Геохимическая специализация определяется как Au-Ag-Bi-Mo-Sb-As.

Районы (рис.30) выделены преимущественно по геохимическим признакам, минераграфическим и литолого-фациальным признакам.

В целом, выделенные районы, указывают на перспективность вулканогенно-осадочных образований в отношении благороднометалльной минерализации. Для выделения объектов более высокого ранга, необходимо проведение дополнительных профильных работ в пределах выделенных районов.

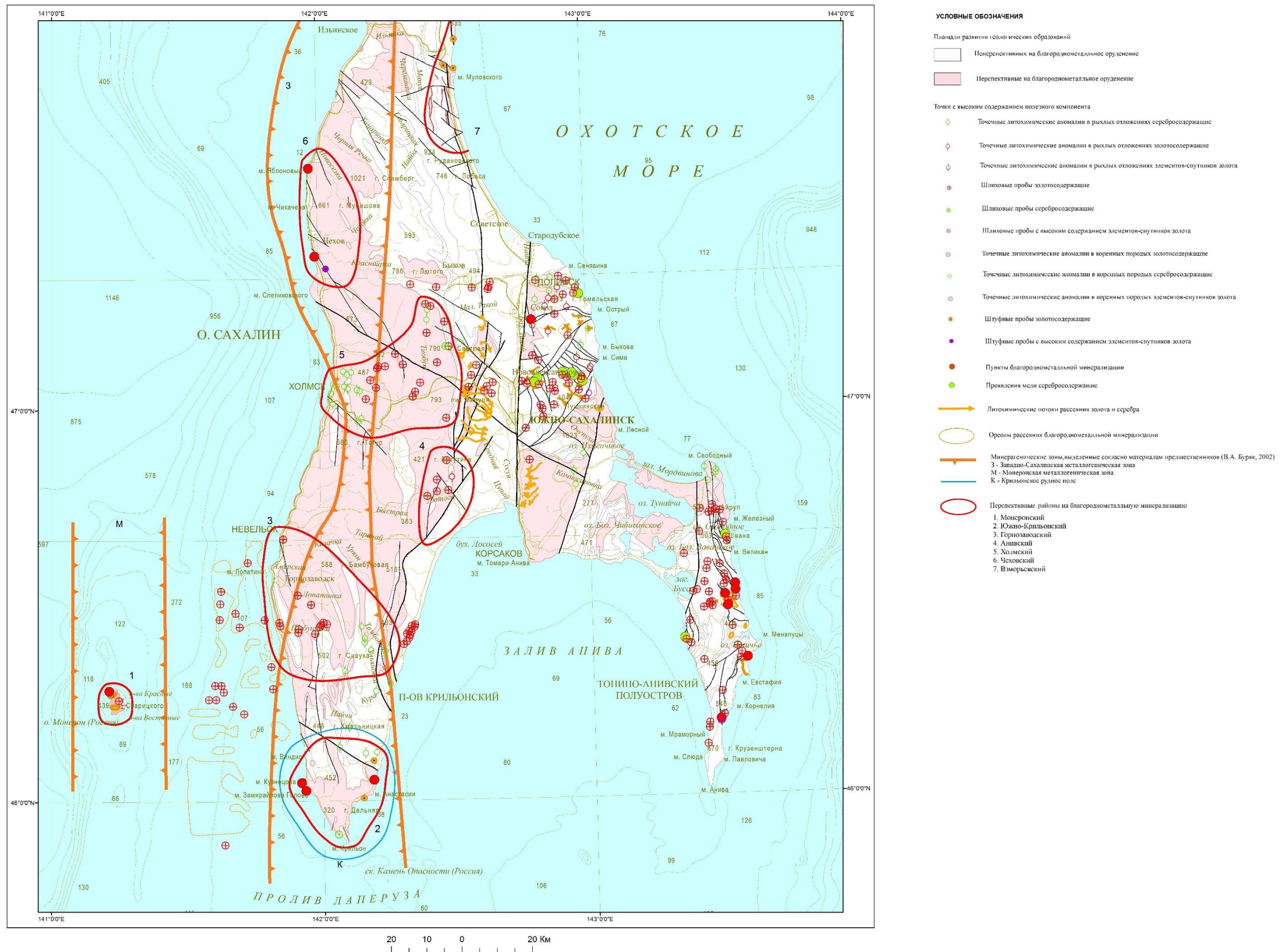


Рис.30. Схема районирования юга о. Сахалин на благороднометалльную минерализацию



Как указывалось ранее, юг острова Сахалин является частью Хоккайдо-Сахалинской тектонической системы. Единообразие структурных и возрастных характеристик, позволяет нам предположить, что выделенные на острове Хоккайдо металлогенические зоны и узлы, а также рудные объекты, можно проследить и на юг Сахалина по общим геологическим структурам. Поэтому проведен сравнительный анализ металлогении острова Хоккайдо и юга Сахалина (рис.23).

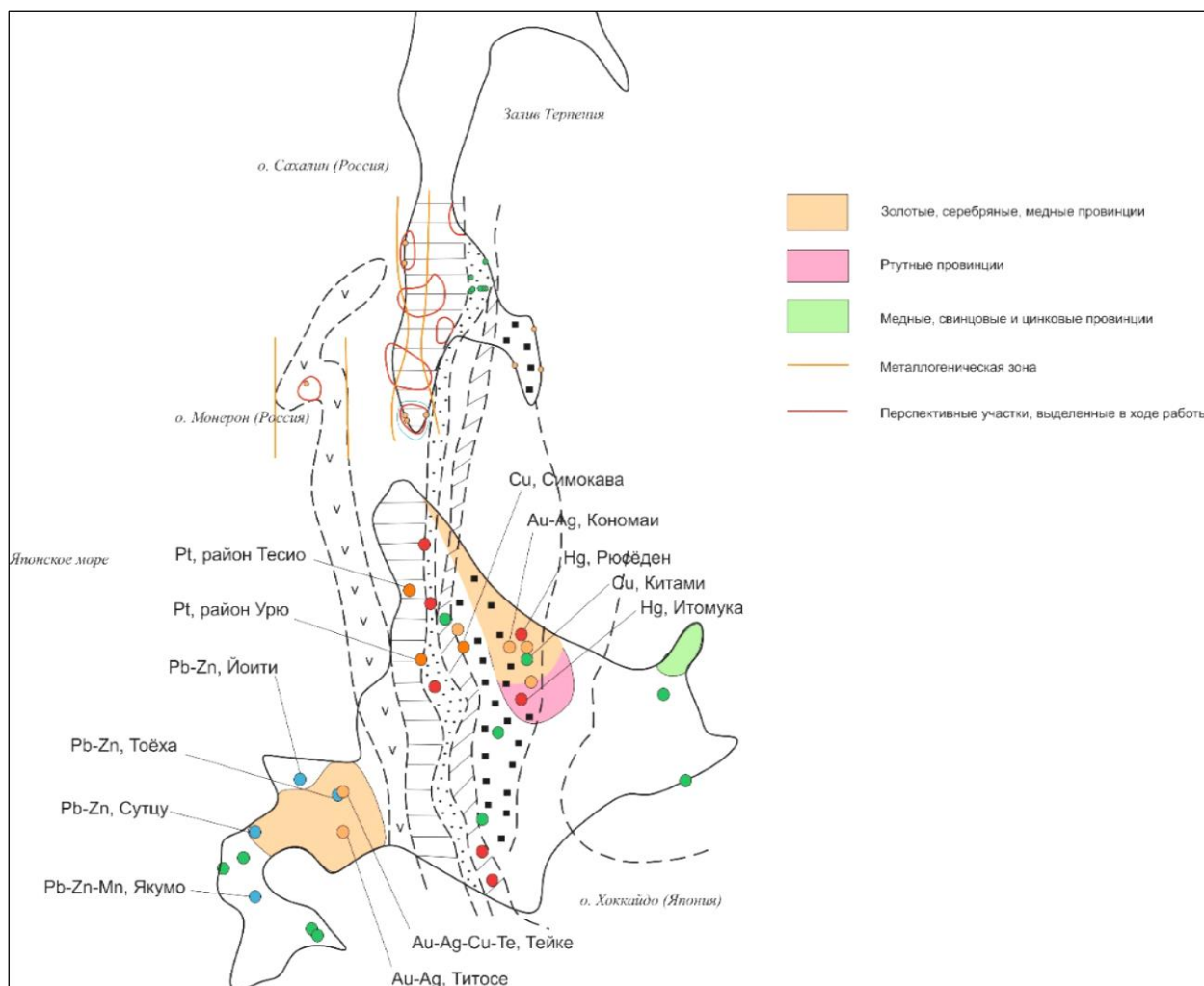


Рис.31. Схема расположения рудных объектов острова Хоккайдо (по материалам Геология и минеральные ресурсы Японии, 1961; Vamba, Takeo, 1977). Примечание: на схему вынесены не все месторождения и металлогенические провинции острова Хоккайдо.

Аналогия прослеживается не только для благородных металлов, но и для редких, цветных металлов, что дает нам возможность предположить о вероятности обнаружения на юге Сахалина объектов схожих по возрасту, условиям образования с объектами острова Хоккайдо.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) В целом, для исследуемой территории характерно довольно сложное геологическое строение, обусловленное его положением между Азией и Тихим океаном и приуроченностью к Хоккайдо-Сахалинской тектонической системе.

Минерагения района определяется сонахождением перспективных нефтегазоносных и угленосных бассейнов и редкометалльных рудных районов, формирование которых происходило преимущественно на кайнозойском этапе развития.

Благороднометалльная минерализация, преимущественно золото-колчеданная, и связана с миоцен-плиоценовым этапом тектоно-магматической активизации, характеризующейся в основном вулканизмом основного состава. Этот факт подтверждается в нашей работе корреляционными и факторным анализами, где установлены 2 этапа гидротермально-метасоматических процессов, сопровождавшихся рудообразованием Au-Ag-полиметаллической и собственно золоторудной формаций, с промежуточным этапом, преимущественно базальтового вулканизма.

2) Проведенное структурно-вещественное районирование показывает, что около 50% изучаемой территории характеризуется распространением палеоген-неогенового вулканогенно-терригенного комплекса, представленного песчаниками, туфами андезитов, туффитами, туфопесчаниками, а также дайками и штока базальтов, андезибазальтов, риолитов и дацириолитов.

3) В ходе работы исследованиям подверглись порфировые и миндалекаменные базальты, риолиты, полимиктовые гравелиты, кристалловитролитокластические и кристаллокластические туфы и туфопесчаники. Для пород комплекса характерны следы в разной степени проявленной гидротермальной проработки. Для базальтов комплекса характерна обильная сульфидизация, представленная густой мелкой вкрапленностью пирита, реже встречается марказит. Риолиты интенсивно карбонатизированы, в меньшей степени проявлены следы пелитизации. В тесной ассоциации с кальцитом находится рудная минерализация представленная пиритом, апатитом, ильменитом, рутилом и арсенопиритом. В гравелитах интенсивно проявлена сульфидизация, представленная катаклазированными, неравномернозернистыми кристаллами пирита, образующий сростания с марказитом. В туфах и туфопесчаниках вторичная минерализация представлена кальцитом, халцедоном и неравномерной рассеянной вкрапленностью пирита.

4) Риолиты комплекса специализированы на Sn-Mo-Bi и Au-Ag-Sb-As минерализации. Геохимическая специализация базальтов определяется как Mo-Pb-Be, U-

Cs-Th и Sb-Ba. Туфы и туфопесчаники характеризуются накоплением Mo-Ag-Hg-Sb-As-Ba геохимической ассоциации элементов, а гравелиты As-Th-Cs-U-Be-Mo. Выделенные геохимические ассоциации элементов не являются исходными, а связаны с наложенными гидротермальными процессами.

5) Все объекты вулканогенно-терригенного комплекса сформированы в малоглубинных условиях, характеризуются малосульфидными рудами и золото-серебряной минерализацией.

6) В рамках тематики данной работы для изучаемой территории выделены поисковые критерии на благороднометалльную минерализацию. Выделены тектонические формационные, литолого-фациальные, минералогические, минераграфические и геохимические предпосылки локализации благороднометалльной минерализации.

7) Проведенное районирование изучаемой территории позволило на основе ранее выделенных критериев условно выделить 7 районов потенциально золотоносных. Выделенные районы в вулканогенно-осадочных образованиях характеризуются преимущественно золото-серебряной минерализацией, за исключением гидровулканического комплекса с собственно золоторудной минерализацией. Основными критериями для выделения районов были геохимические аномалии как собственно золота и серебра, так и их элементов-спутников, гидротермальные изменения и сульфидизация пород, зоны пересечения разломов.

Суммируя все вышесказанное, можно говорить о перспективе юга о. Сахалин в отношении благороднометалльной минерализации. Вулканогенно-осадочные образования, преимущественно палеоген-неогенового возраста являются геохимически специализированными на золото-серебряную минерализацию и по данным исследований, возможно выделение рудных объектов золото-серебро-(кварцевой)-сульфидной рудной формации, связанной с риолитами и туфами, и полиметаллическая серебросодержащая (полиметаллическая колчеданная) формации, связанной с базальтами.

Потенциально, на территории возможно выделение большего количества районов, но связанных уже не с вулканогенно-осадочными образованиями, а с полиформационным метаморфическим комплексом, что делает территорию еще более перспективной для дальнейших поисков новых благороднометалльных объектов.

Проведенный сравнительный анализ с островом Хоккайдо, также указывает на потенциальную возможность обнаружения на территории новых объектов не только благороднометалльной минерализации, но и цветных и редких металлов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Сахалинской области. – М.: ГУК, 1967
2. Атлас текстур и структур вулканогенно-осадочных пород//Труды ВСЕГЕИ.Нов.серия.Т.343/Колл.авторов; под ред. В.К. Ротмана Л.: Недра, 1987.132с.
3. В.Л. Барсуков, С.В. Григорян, Л.Н. Овчинников. Геохимические методы поисков рудных месторождений.М.:Наука, 1981.436с.
4. В.А. Буряк, Б.А. Науменко, Г.Н. Роготнев. Золото Сахалина и Курильских островов. Южно-Сахалинск, ИКАРП ДВО РАН,МПР РФ, ФГУГП «СХГРЭ», КИР Сахалинской области. 2002. 79с.
5. И.В. Вербицкий и др. Создание и подготовка к изданию комплектов государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000; создание комплектов геохимических основ Госгеолкарты-1000/3 по группе листов территории Российской Федерации. – СПб.: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2016.
6. Геология и минеральные ресурсы Японии/Под редакцией Н.А. Беляевского.- М: Издательство иностранной литературы, 1961, 284с.
7. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т.5. Арктические и дальневосточные моря. Кн.2. Дальневосточные моря, их континентальное и островное обрамление/Ред. В.К. Ротман. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. 303 с.
8. Геология СССР. Том XXXIII. Остров Сахалин. Геологическое описание. Коллектив авторов. Редактор В.Н. Верещагин.М. Изд-во «Недра», 1970, 432с.
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Лист-L-(54),(55); К-(55)-Южно-Сахалинск. Объяснительная записка/Г.Н.Шапошников [и др.]; под ред. В.К. Ротман. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995-146с.
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Объяснительная записка. (Изд. 2-е. Серия Сахалинская) / А.Э. Жаров [и др.]; под ред. В.К. Ротман. - СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2001-276 с.
11. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист L-54-IV,V. Серия Сахалинская. Объяснительная записка. Под ред. В.Н. Верещагина. М., 1972
12. ГОСТ Р 50779.10-2000. Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.М.: Госстандарт России, 2005, 41с.
13. В.Ф. Ерохов., Жидкова Л.С. и др. Геологическое строение острова Монерон (Японское море).- Геология и геофизика, 1971, №1,с.46-57.
14. Ю.В. Казинцев. Метасоматизм гидротермальных месторождений.Л.:Недра, 1972.142с.

15. М.М. Константинов. Золотое и серебряное оруденения вулканогенных поясов мира. М.: Недра, 1984, 165с.
16. Математические методы моделирования в геологии: Методические указания к лабораторным работам/ Санкт-Петербургский горный ин-т. Сост. Ю.Л. Гульбин. СПб, 2005, 46с.
17. Металлогенический кодекс России. М.: Геокарт-Геос, 2012, 126с.
18. Металлогения СССР. Металлогеническая карта Камчатки, Сахалина и Курильских островов масштаба 1:1500000. Объяснительная записка. Отв.ред. В.К. Ротман. Л., ВСЕГЕИ, 1984г. 67с.
19. Методические рекомендации по организации, проведению и конечным результатам геологосъемочных работ, завершающихся созданием Госгеолкарты-200 (второе издание). – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 92с.
20. В.Г. Моисеенко. Геохимия и минералогия золота рудных районов Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 304с.
21. В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352с.
22. Н.В. Петровская, Ю.Т. Сафронов Ю.Т., С.Д. Шер. Формации золоторудных месторождений// Рудные формации эндогенных месторождений. Т.2. М.: Наука, 1976.
23. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород: Учебник/ М.А. Афанасьева, Н.Ю. Богатикив и др.; Под ред. В.С. Попова и О.А. Богатикова. – М.: Логос, 2001. – 768с.
24. Е.В. Плющев, В.В. Шатов. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. Л.: Недра, 1985. 247с.
25. С.В. Соколов. Структуры аномальных геохимических полей и прогноз оруденения. Санкт-Петербург: 1998. 154с.
26. Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете/ Г.Н. Чвилёва, М.С. Безсмертная, Э.М. Спиридонов и др. – М.: Недра, 1988. – 504с.
27. С.Ф. Стружков, В.В. Аристов, В.А. Днильченко, М.В. Наталенко, А.В. Обушков. Открытые месторождения золота Тихоокеанского рудного пояса (1959-2008годы). – М.: Научный мир, 2008. – 256с.
28. Требования к геохимической основе Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (новая редакция). М., ИМГРЭ, 2005, 40с.
29. В.Г. Хомич. Формационный анализ при изучении закономерностей размещения золото-серебряного оруденения в областях субэарального

вулканизма//Геология и металлогения рудных районов Дальнего Востока. Владивосток: 1985.С.32-48

30. Н.И. Шумская, В.Д. Ляхницкая. Минераграфические исследования руд с применением микроскопов-спектрометров. Методическое руководство. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1993.-56с.

31. Электронный петрографический справочник-определитель магматических, метаморфических и осадочных горных пород для оперативного использования при создании Госгеолкарт-1000/3 и 200/2. ФГУП«ВСЕГЕИ». Санкт-Петербург, 2015

32. Bamba, Takeo. Metallogenic Province of Hokkaido//Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy = 北海道大學理學部紀要, 1977, 17(4):695-708.

33. Geochemical Map of Japan. Geological Survey of Japan, AIST, 2004

34. Hiroyuki Maeda. Mineralization Ages of Some Epithermal gold-silver vein-type deposits in the Central Kitami Mining District of the Kitami Metallogenic Province, Hokkaido, Japan//Mining Geology, 1990, 40 (1), 17-22

35. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://rfmaps.ru/images/fizicheskaja-karta-rossii.jpg>. Дата обращения 18.03.2017